طائرات التحكم عن بعد



فوزي عبدالله الأزرق

8

طائرات التحكم عن بعد ✈

اعداد : م.فوزي الازرق

الطبعة الاولى – النسخة التجريبية

المملكة الاردنية الهاشمية

رقم الايداع لدى دائرة المكتبة الوطنية

2019/9/NRZ

الازرق, فوزي عبدالله

طائرات التحكم عن بعد / فوزي عبدالله الازرق .-عمان:المؤلف,2019

()ص.

ر.إ.: 2019/9/NRZ .

الواصفات : /هندسة الطيران //الدوائر الالكترونية/ الديناميكا الهوائية / التحكم عن بعد

رخصة الكتاب

كتاب " طائرات التحكم عن بعد " **منشور مجانا للجميع** تحت رخصة المشاع الابداعي الاصدار الرابع Creative Common v4 CC-NC-SA بشروط:



- النسبة



- المشاركة بالمثل
- عدم الاستغلال التجاري.



رخصة المشاع الابداعي CC-NC (غير التجارية) لك كامل الحق في نسخ وتوزيع وتعديل أو الاضافة أو حتى طباعة الكتاب ورقيا كما تشاء وأشجعك على ذلك أيضا شرط عدم إستغلال الكتاب تجاريا بأي صورة مباشرة أو غير مباشرة، كما يجوز طباعة الكتاب وتوزيعة بشكل عام شرط أن يباع بسعرالتكلفة دون أي ربح.

المشاركة بالمثل-SA إذا تم اشتقاق أي عمل من هذا الكتاب بصورة إلكترونية أو مادية مثل عمل كتاب آخر أو محاضرة تعليمية (أو حتى كورس متكامل) أو فيديو فيجب أن يتم

للتواصل مع الكاتب : fawziazraq@hotmail.com

عن الـكـاتـب

الازرق , ولد عام 1997 في عمان – الاردن ,التحق في الدراسة الثانوية الصناعية بمسار الاتصالات والالكترونيات في عام 2013 , في عام 2015 درس مرحلة البكالريوس في الجامعة الهاشمية في كلية الهندسة تخصص الهندسة الميكانيكية العامة , اهتم في علوم الهندسة الميكانيكية والكهربائية والذكاء الاصطناعي وعلم الحاسوب وعلوم الطيران , ومن هواياته ركوب الدراجات النارية والطيران الشراعي والرماية والصيد .

اهتم في الثقافات وكتابة الكتب الهندسية والبرامج الهندسية باستخدام البرامج المتطورة , بعض من كتبه :

- كتاب الماتلاب للمهندسين والدراسات الاقتصادية والمالية.
- كتاب الديناميكا الهوائية وتصميم الطائرات.
- كتاب برمجة محركات السيارات.
- كتاب Introduction to ICE and Design using Matlab and AI
- كتاب Introduction to Engineering programing
- كتاب ماذا استطعت ان اعلم نفسي في 24 ساعة.

يعيش الازرق في حياة مليئة في اجواء من الاختراعات والتعلم

الازرق كرس حياته في التعلم , وتعليم الناس ..

إهداء السلسلة

إن الحمد لله، نحمدُه ونستغفره ونستعينه ونستهديه ونعوذُ بالله من شرورِ أنفسنا ومن سيئاتِ أعمالنا، من يهْدِ اللهُ فلا مضِلَّ له ومن يضلل فلا هادي له.

احمدُ الله تعالى على هذا الإنجاز الجديد وهي سلسلة الذكاء الاصطناعي والانظمة الميكانيكية والتحكم الالكتروني وهذا النجاح احب مشاركته واهدائُه, فأُهدي هذه السلسلة بكتبها البالغ عددها 10 كتب والذي ألهمنيَ الله تعالى في كتابتها

إلى عائلتي وأخص بالذكر أبي والراحلة

والدتي الحبيبة رحمها الله ..

واني اوجه الشكر الى كل معلم علمني حرف واحدًا فلولاكم لما وصلت لهذه المرحلة ,

واسال الله ان يقدرنا على اثراء المحتوى العربي وتعليم الشباب العرب كل ما ينفعهم.

مقدمة السلسلة

بسم الله الرحمن الرحيم

جاء في القرآن الكريم بعد اعوذ بالله من الشيطان الرجيم

﴿ إِنَّمَا يَخْشَى اللَّهَ مِنْ عِبَادِهِ الْعُلَمَاءُ إِنَّ اللَّهَ عَزِيزٌ غَفُورٌ ﴾ [فاطر: 28]

وعن أبي هريرة رضي الله عنه قال قال صلى الله عليه وسلم (إذا مات ابن ادم انقطع عمله إلا من ثلاث : صدقة جاريه , او علم ينتفع به , أو ولد صالح يدعوا له) أخرجه مسلم.

وجاء في سفر الأمثال الإصحاح 18 و العدد 15 (قَلْبُ الْفَهِيمِ يَقْتَنِي مَعْرِفَةً، وَأُذُنُ الْحُكَمَاءِ تَطْلُبُ عِلْمًا)

عندما وُلدنا — من وقت غير بعيد — لم تكن تكنولوجيا المعلومات أوشركات التليفزيون موجودة، وكان السفر الجوي نادرًا وضربًا من الرفاهية. أما آباؤنا، فقد وُلدوا في عالم أكثر اختلافًا عن عالمنا الحالي؛ فلم يكن التليفزيون قد اختُرع بعد، ولم يكن يوجد أطعمة مجمدة. وعندما وُلد أجدادنا، لم تكن توجد محركات احتراق داخلي أوbطائرات أو دور سينما أو أجهزة راديو، وعاش آباء أجدادنا في عالم لا توجد فيه مصابيح ضوئية أو سيارات أو هواتف أو دراجات أو ثلاجات أو آلات كاتبة، وربما كانت حياتهم أقرب لحياة الفلاح الروماني عن قربها من حياتنا اليوم. وخلال فترة المائة والخمسين عامًا الماضية والقصيرة نسبيًا، تحولت حياتنا تمامًا سواءٌ في المنزل أو العمل بواسطة المنتجات والخدمات

الجديدة. والسبب في تغير العالم تغيرًا كبيرًا يمكن تفسيره بدرجة كبيرة بالابتكار. ومن هذا المنطلق ورغبة مني وطلبًا من اصحاب العلم , اطرح سلسلة كتبي الجديدة بعنوان سلسلة الذكاء الاصطناعي والانظمة الميكانيكية والتحكم الالكتروني والتي تشمل مواضيع اساسية في العلوم الهندسية والفيزيائية والبرمجة والتحكم الآلي والطيران وهذا بواقع 10 كتب بالعناوين التالية:

- تصميم مختبر الالكترونيات
- اساسيات في الالكترونيات والمستشعرات
- مقدمة في البرمجة
- المتحكمات الالكترونية
- التحكم عن بعد
- بناء التطبيقات الهندسية
- الروبوتات
- طائرات التحكم عن بعد
- الماتلاب
- الذكاء الاصطناعي - البرمجة المتقدمة

تتناول هذه السلسلة المحاور التكنولوجية المهمة التي يبحث عنها المهندس والباحث والهواة وكل من يهتم في هذا المجال فنحن نعيش في ثورة صناعية وعولمة متسارعة النمو على الصعيد التقني , تتحدث هذه السلسلة بشكل تدريجي ومبسط عن اهم المواضيع القديمة والحديثة في مجال الذكاء الاصطناعي والمتحكمات الالكترونية والمعالجات والطائرات والتحكم والالكترونيات والصناعة في, هذه السلسلة قدمت لكم حزمة معلومات لكي تبدأ بها كحجر الاساس لك لتواكب وتركب امواج التكنولوجيا . ومن واجبنا السعي قدما لتعلم هذه العلوم حتى لا نقع في ظلم الجهل ونصبح شعوب مستهلكة ضعيفة لا قدر الله!

بدئت الدروس في كتاب تصميم مختبر الالكترونيات , والذي يتناول بماذا يلزمنا لبناء المختبر واهم الاجهزة والادوات ومواصفاتها الفنية , اضافة الى كيفية التعامل معها للبدء بداية مثالية فدائما اقول (من لم تكن له بداية محرقة لن تكن له نهاية مشرقة). ثم

انتقلت الى مرحلة التأسيس في مجال الالكترونيات والمحركات والمستشعرات المختلفة في كتاب اساسيات في الالكترونيات والمستشعرات بحيث يتناول هذا الكتاب معظم العناصر الالكترونية من مقاومات وملفات ومكثفات وثنائيات وغيرها وايضا طريقة تصنيعها واعطالها والخصائص الفيزيائية لها وامثلة حسابية من واقع الحياة ودروس في القوانين الكهربائية مثل التيارات المسمرة والمتناوبة وقانون اوم وغيرها .

ثم انتقلت الى البرمجة في كتاب مقدمة في البرمجة , تحدثت عن لغات البرمجة ومصطلحات في البرمجة وتطرقنا الى حل المشاكل واستخدام الخوارزميات ومخططات سير العمليات وبدئنا في كتابة البرامج باستخدام لغة سي بلس بلس حيث اندرجت المواضيع من المتغيرات والثوابت والادخال والاخراج والجمل الشرطية والدورانية المختلفة , اضافة الى المصفوفات وسبب اختيار لغة سي بلس بلس هو اننا سوف نستخدمها في السلسلة لبرمجة المتحكمات الالكترونية والماتلاب لذلك ينبني عليها الكثير من الاعمال المهمة .

بعد ان تعلم القارئ البرمجة واساسيات الالكترونيات اصبح قادرا على البدء في دراسة المتحكمات الالكترونية قدمت في كتاب المتحكمات الالكترونية دروس يستطيع من خلالها المتعلم فهم اساس علم المتحكمات الالكترونية القابلة والغير قابلة للبرمجة والمعالجات المختلفة تناولت دروس عن الدوائر المتكاملة والدوائر المنطقية والمعالجات الدقيقة والميكروكونترولر ودخلت الى متحكم الاردوينو انواعه واستخداماته وكيفية برمجته وتنصيب احتياجاته والتعامل معه اضافة الى اساسيات في الراسبيري باي والمتحكم المنطقي القابل للبرمجة (PLC).

ثم انتقلت الى دراسة تقنيات التحكم عن بعد في كتاب التحكم عن بعد يتحدث هذا الكتاب عن بعض التقنيات مثل البلوتوث وال IR والوايرلس GPS وانظمة الملاحة وهذا لان

التحكم عن بعد من المواضيع الهامة في مشاريع هذا الكتاب والمشاريع العملية في الحياة الصناعية . بعد ذلك اصبح من اولوياتي ان اجعل التعليم ممتعا فطرحت الكثير من المشاريع التفاعلية في كتاب بناء التطبيقات الهندسية يضم مشاريع كثيرة مثل اذرع الروبوتات والمنزل الذكي والمشاريع التفاعلية والمنبهات واستخدام التحكم عن طريق الهاتف وغيرها من المشاريع المتنوعة باستخدام الاردوينو والعناصر الالكترونية والدوائر المتكاملة والحساسات والمحركات ..الخ

بعد ان اصبح المتعلم ملما في الكثير من المواضيع الهندسية والبرمجية اصبح قادرا على تعلم تصميم الروبوتات المختلفة فوضعت في كتاب الروبوتات عدة امثلة لروبوتات منزلية وترفيهية تقوم باعمال مختلفة فبعد اجتياز هذه السلسلة يستطيع المتعلم تطوير روبوت خاصة به ويقوم بالمهام حسب ما يراه المتعلم مناسبا, ثم انتقلنا الى تصميم الطائرات في كتاب مستقل باسم طائرات التحكم عن بعد في هذا الكتاب طرحت مواضيع في الديناميكا الهوائية وقوانين خاصة بالطائرات واستقرارها وانواع الطائرات المختلفة وكيف بناؤها ومحركاتها والكثير من الدروس الخفيفة وسهلة الفهم فهذا الكتاب من احدى الكتب الاكثر طلبًا لدى الشباب العرب .

وفي آخر كتابين من السلسلة بدئت في دروس متخصصة في مجال الماتلاب والمحاكاة باستخدم سيميلوينك الاول باسم الماتلاب ويحتوي هذا الكتاب اساسيات البرمجة في الماتلاب واستخدام العمليات الرياضية والمنطقية ورسم المنحنيات والمتغيرات والثوابت والشرط والدوران والمصفوفات ومكتبة سيميولينك للمحاكاة.

واخيرا كتاب متقدم يحمل اسم الذكاء الاصطناعي - البرمجة المتقدمة في هذا الكتاب وضعت دروسا هامة لتعريف المتعلمين عن اهمية الذكاء الاصطناعي ومستقبله المشرق

فيضم الكتاب البرمجة باستخدام المنطق الضبابي والشبكات العصبونية واساسيات في الرؤية الحاسوبية , اذ يستطيع المتعلم توظيف الذكاء الاصطناعي في اعماله .

اصدار الجزء الاول هذه السلسة في عام 2019 , في كل عامين او ثلاثة اعوام يقدم الكاتب نسخة جديدة لكي تبقى مواكبة للتكنولوجيا في كل زمان ومكان.

عزيزي المتعلم هذه السلسلة ليست الا البداية فهذه العلوم من العلوم الكبيرة , قد اكون اخطئت او سهوت وقد اكون قصرت في الشرح لذلك يتوجب عليك ان تعلم ان هذا الكتاب ليس معصوما من الخطأ , فيوجد عشرات الكتب التي تتحدث عن المواضيع التي تناولتها وكل كتاب به ما يميزه عن غيره .

عليك دائما بالبحث عن المعلومات وعدم الملل والكلل والتوسع بهذه العلوم , فهذه السلسلة هي خطوتك الاولى لهذا العلم ولا تترك درسا الا ان تكون قد تعلمته جيدا .

(وتذكر ان تصل متأخرًا خيرًا من ان لا تصل)

مقدمة الجزء

هذا الكتاب يستهدف المبتدئين , في هذا الجزء من السلسلة يتحدث كتاب **طائرات التحكم عن بعد** عن الكثير من الدروس المهمة للبدء في رحلة الطيران عن بعد , بدء الكتاب في التحدث عن انواع الطائرات التي صنعها الأنسان وكيف تطور علم الطيران والاشكال التي صممها الانسان لاي جسم طائر.

ثم بدئنا في دراسة تخصيصة لانواع الطائرات الاسلكية التي تصنعها الشركات التجارية وتعرفنا على المكونات العامة لها والانظمة الداخلية لها , ثم انتقلنا الى دراسةاساسيات في علم الديناميكية الهوائية Aerodynamic وذلك حتى يستطيع المتعلم من فهم الآلية التي تطير بها الطائرات تعرفنا في الديناميكة الهوائية على المفاهيم المستخدمة ودرسنا اجزاء الطائرة في شيئ من التفصيل وانواع القوى الاربعة الاساسية التي تؤثر على جسم الطائرة وقمنا في تفصيل دراستنا للجناح وقوة الرفع والسحب وعلاقة كل هذه المكونات مع المعاملات التي ليست لها وحدة قياسية , وتعرفنا على زاوية السقوط Stall والهجوم Attack وكيف لهم الاثر في تصميم الطائرة .

درسنا الابعاد التصميمة للجناح ورقم ماخ ورينولدز وبالطبع درسنا دينايمكية الذيل والطائرات العامودية الهيليكوبتر والدرون , تعرفنا على القوى المؤثرة على الطائرات العامودية , وكيفية توازن الطائرة ومكونات المروحة الخاصة بها , ثم بدئنا في تفصيل انواع طائراتنا الاربع في هذا الكتاب وهي الافقية والنفاثة والدرون والهيليكوتبر . تعرفنا على الهيكل وجميع الاجزاء الثابتة والمتحركة في الطائرة مثل قمرة القيادة وادوات الهبوط ثم

انتقلنا الى دراسة بطاريات LIPO المستخدمة في طائرات التحكم عن بعد , درسنا كل ما يتعلق بها لضمان فترة طيران مناسبة للهواة والمبتدئين .

بعد ذلك انتقلنا الى الجزء الاكثر اهمية في الطائرة وهو المحركات الكهربائية , درسنا سرعة المحرك ومعاير اختيار المحركات المختلفة المسؤولة عن الرفع والتحكم في الاسطح في الطائرات الافقية و الدرون .

بعد ذلك انتقلنا الى دراسة حساسات الطائرات المختلفة وكيف نختار النموذج المثالي لبناء طائرات رائعة وذكية ومتوازنة وبهلوانية وغيرها ..

درسنا خصائص الطائرات المهمة مثل السرعة والوزن والتسارع واثر الرياح , بعد ذلك بدئنا في دراسة دماغ الطائرة وهو المتحكم الالكتروني ESC والاردوينو , قمنا بعمل نماذج مختلفة للطائرات باستخدام الاردوينو (الاردوينو متوفر في الاصدار الرسمي) وتعرفنا على كيفية برمجة مكونات الطائرة لبناء نموذج تفاعلي عظيم !

بعد ذلك انتقلنا الى المرسل والمستقبل وفي نهاية الكتاب درسنا الاقلاع والهبوط والحركات البهلوانية للطائرات المتقدمة .

هذا الكتاب ليس الا البداية او يمكنني ان اقول انه نقطة ماء في بحر , فالطائرات والديناميكة الهوائية علوم كبيرة جدا , ويمكنك الحصول على كتاب الديناميكا الهوائية وتصميم الطائرات فهو مرجع كبير للمهندس فوزي الازرق للتعمق في دراسة الديناميكة الهوائية , والآن هيا **انطلق**



دليل الكتاب

يتحدث الكتاب بشكل مفصل عن 3 انواع للطائرات :

1 – الافقية

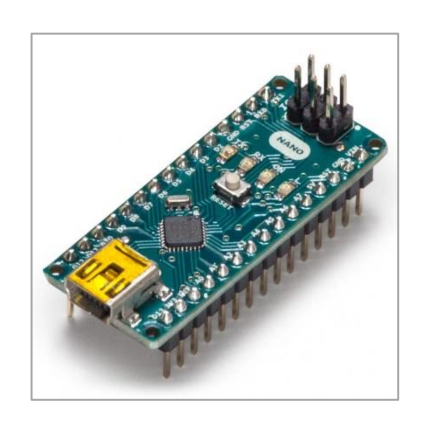
2 – العامودية (هيليكوبتر)

3 – العامودية (درون / طائرة رباعية)



ويتحدث الكتاب بشكل مفصل عن طريقتين للتحكم في الطائرات :

باستخدام المكونات المخصصة للهواة – وباستخدام الاردوينو

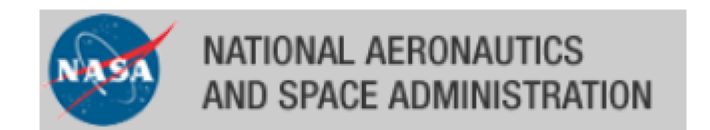




شكر لكل من ساهم في دعم السلسلة

اتقدم بالشكر الى كل من ساهم في اثراء هذ الجزء من السلسلة (طائرات التحكم عن بعد) من الناطقين باللغة العربية والانجليزية والمعاهد فكانت المعلومات والدروس التي قدموها اسهمت في تحقيق اهداف السلسلة وكان لا بد من ذكرهم :















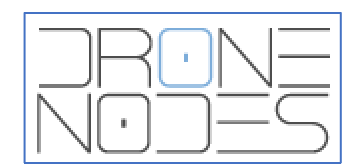














GensTattu Blog








Hooked on RC Airplanes
More than a Hobby
It's a Passion!


DRONE PRO SKILLS
GUIDES AND TIPS ON DRONES


TOWER
HOBBIES®

جدول المحتويات

	float planes RC helicopter RC Jet RC gliders RC Drone RC
	الديناميكا الهوائية ومفاهيم خاصة أجزاء الطائرة الأساسية Basic Plane Parts القوى الأساسية في الطيران المتجهات والقيم العددية Vectors and Scalars معاملات الرفع والسحب والعزم Aerodynamic Lift, Drag and Moment Coefficients زاوية الهجوم Angle of Attack علاقة المعاملات مع زاوية الهجوم Coefficient Variation with Angle of Attack مساحة الجناح ونسبة العرض إلى الارتفاع Wing Area and Aspect Ratio رقم ماخ Mach number التدفق المنتظم والتدفق العشوائي Laminar and Turbulent Flow زاوية الاجتياح والطيران الأسرع من الصوت Sweep Angle and Supersonic Flight اختيار اجنحة الطائرات wings selection تصميم هيكل الجناح Wing Structural Design تصميم الذيل الأفقي والرأسي Horizontal and Vertical Tail Design
	الديناميكا الهوائية للمروحية Helicopter Aerodynamics الاجنحة Airfoils الرياح النسبية Relative Wind توزيع الضغط Pressure distribution السحب Drag قوة الطرد المركزي Centrifugal Force السرعة الدورانية Rotational Velocity الجيروسكوب Gyroscope

	مكونات طائرات التحكم عن بعد الطائرات الافقية (Airplane) الطائرات النفاثة (Jet) طائرات الدرون (Drone) طائرات الهيلكوبتر (Helicopter) نظام SAFE
	الهيكل ابعاد الطائرات الافقية RC Airplane Dimensions **هياكل الطائرات الافقية Fuselages** قمرة القيادة Cockpit غطاء المحرك Cowls معدات الهبوط والدعامات Landing Gear /Struts الاجنحة Wings المثبتات والدفة Stabilizers and Rudder **اجزاء هيكل الهليكوبتر Helicopter frame** القاعدة الاساسية Maim frame غطاء الطائرة Canopy معدات الهبوط ذيل الهيلكوبتر **اجزاء هيكل الدرون**
	البطاريات البطارية الجافة طرق توصيل البطاريات حساب عمر البطارية بطارية الليثيوم **بطارية الليثيوم بوليمر Lithium Polymer** جهد البطارية Battery Voltage (S) سعة البطارية Capacity (mAh) الوزن Weight الابعاد الفيزيائية Physical Size

المحتوى	
موصل البطارية Battery Connector التفريغ (C) Discharge معدل الشحن Charging Rate سلامة الشحن اداء بطارية LIPO مع درجات الحرارة مراقبة البطارية واتزانها LiPo Monitoring Balancing انذار مراقبة البطارية Battery Monitor/Alarm	
المحركات و المراوح محركات التيار المستمر ذات الفُرَش (DC Brush Motors) تأثير درجة الحرارة على محركات التيار المستمر اختيار محركات DC Brush Motors المُحركات الخالية من الفرش (Brushless DC Motor) منحنى تفاوت عزم المحركات مع سرعة المحرك **معايير المحرك Motor Standards** ثابت الجهد Voltage Constant الطاقة Power التصميم الداخلي والخارجي Inrunner or outrunner Motors الابعاد والوزن Dimensions and weight مواصفات المحركات التجارية تبريد المحرك Motor Cooling اختيار المراوح Prop selection محركات الدرون Drone Motors مراوح الدرون Drone prop مروحة الهليكوبتر Helicopter Prop المحركات الكهربائية النفاثة Electric Ducted Fan (EDF) علبة التروس Gear Box مُحرك السيرفو (Servo Motor)	
المستشعرات وانظمة القياس مستشعرات الطائرات Aircraft Sensors حساس الموجات فوق الصوتية (Ultrasonic)	

	حساس درجة الحرارة LM35 مستشعر سرعة واتجاه الهواء Wind Speed and Direction استشعار كشف قطرات المطر Raindrops Detection Sensor مقياس معدل التسارع Accelerometer رقاقة جيروسكوب الرقمية Digital gyro IMU - Inertial Measurement Unit المغناطيس الرقمي Magnetometer البوصلة باستخدام نظام تحديد المواقع للاتجاه GPS مستشعر الضغط الجوي BAROMETRIC PRESSURE شاحن Solar LIPO نظرية التحكم **التفريق بين انواع البناء**
	المتحكمات متحكم السرعة الالكتروني Electronic Speed Controller (ESC) Battery Eliminator Circuit (BTC) كيف نختار ESC لطائرتنا ؟ الاردوينو Arduino استخدام الحساسات المختلفة مع الاردوينو (غير متوفر في الاصدار التجريبي) ربط الاردوينو مع ESC (غير متوفر في الاصدار التجريبي) استخدام شاشات العرض (غير متوفر في الاصدار التجريبي)
	التحكم عن بعد المرسل Transmitter المستقبل Receiver التحكم عن بعد باستخدام الاردوينو (غير متوفر في الاصدار التجريبي) الكاميرات وانظمة التحكم عالية التقنية (غير متوفر في الاصدار التجريبي)
	مهارات الطيران عن بعد مبادئ الاقلاع والهبوط Principles of takeoff and landing مهارات في الطيران البهلواني Aerobatics Skills

	الملحق مفاهيم الديناميكا الهوائية مفاهيم الطائرات الرباعية Quadcopter مصادر وآلات حاسبة استخدام برنامج الماتلاب لحساب مسافة اقلاع الطائرة الافقية



تاريخ الطيران يبحث في تطور الطيران الميكانيكي من المحاولات الأولى في الطائرات الورقية والطيران الشراعي حتى **الطائرات الأثقل من الهواء** والطائرات الاسلكية والذكية وما بعدها.

أول ظهور محتمل لغريزة الإنسان للطيران كان في الصين منذ بداية القرن السادس الميلادي حيث كان الناس يقيدون بالطائرات الورقية كنوع من العقوبة. وقام عباس بن فرناس بأول عرض طيران شراعي في الأندلس في القرن التاسع الميلادي. وعبر ليوناردو دا فينشي في القرن الخامس عشر عن حلمه بالطيران في العديد من التصاميم لطائرات ولكنه لم يقم بأي محاولة للطيران.

ثم بدأت أولى محاولات الطيران الجاد أواخر القرن الثامن عشر في أوروبا. وبدأت البالونات المملوءة بالهواء الحار والمجهزة بسلة للركاب وبدأت بالظهور في النصف الأول من القرن 19 وقد استعملت بشكل فعال في عدة حروب بذلك الوقت، خصوصا بالحرب الأهلية الأمريكية، حيث كان لها الحيز بمراقبة العدو خلال المعركة.



أرست كثرة التجارب بالطيران الشراعي الأسس لبناء آلات طائرة أثقل من الهواء، ومع بداية القرن 20 أصبح بالإمكان ولأول مرة عمل رحلة جوية مسيرة وذات قدرة مع تطور تقنية المحركات. وبعدها بذل مصمموا الطائرات جهودا مضنية لتحسين آلاتهم الطائرة لجعلها تطير بشكل أسرع ولمدى أبعد وارتفاع أعلى وجعلها سهلة بالقيادة.



العوامل المهمة التي ساهمت في بناء الطائرة هي:

التحكم: بالبداية كان التحكم في الطائرات الشراعية يكون بواسطة تحريك الطائرة ككل حسب أوتو ليلينتال، أو إمالة الجناح كما فعل الأخوان رايت. لكن بالوقت الحالي يكون التحكم بواسطة أسطح التحكم مثل الجنيحات والروافع. وفي بعض الطائرات العسكرية تكون أسطح التحكم مهيئة بنظام كمبيوتر ليتم التوسع بالتحكم في الطيران الثابت والمستقر

الطاقة: تطور محرك الطائرة حتى أصبح أخف وزنا وأكثر كفاءة، فمن محرك كليمنت أدر البخاري إلى المكبس فالنفاث ثم محركات الصواريخ.

المواد: كان صنع الطائرات في البداية من القماش والخشب ثم بدأ تقويتها بالأنسجة والأنابيب الفولاذية واستخدام المواد المركبة (composite materials)، ومن عام 1918 بدأ تكسية القشرة الخارجية بالألمونيوم واستمرت بذلك خلال الحرب العالمية الثانية، لكن بالوقت الحالي يكون البناء الخارجي للطائرة من مواد مركبة.

ان تاريخ الطيران حلم قديم قدم الزمن راود الإنسان حيث يذكر في المثولوجيا الإغريقيه طيران الايكاروس، ولكن تاريخ 9 أكتوبر 1890 شهد تحليق أول آلة أثقل من الهواء بعد 12 عقداً من سيطرة الآلات الأخف من الهواء . ويمكن أن نقسم تاريخ الطيران إلى 7 مراحل زمنية:

الخيال العلمي، المناطيد، والتحليق الشراعي : هي المرحلة التي تنتهي في القرن التاسع عشر وخلالها تخيل الناس بطرق غريبة وقريبة من الحقيقة ما يمكن أن تكون عليه آلة طائرة. منذ بداية القرن الثامن عشر شهدت هذه المرحلة بداية غزو الأجواء مع تطوير المناطيد وتعدد محاولات الطيران الشراعي.

رواد الطيران الأثقل من الهواء : هي أولى عمليات التحليق بآلات ذات محركات قادرة على الطيران بقدراتها الخاصة. وكل محاولة تكون أول رقم قياسي أو تجاوزاً لرقم موجود كتحقيق مسافات أطول أو تحليق أسرع أو ارتفاعات أكبر وكان الطيارون في غالبيتهم صانعون لآلاتهم ومغامرون.

الحرب العالمية الأولى : بعد عدة سنوات على أول طيران ناجح ظهر في هذه الفترة سلاح جديد في ساحات القتال وأصبحت الطائرات تنتج بكميات كبيرة وبعض النماذج صنع منها أكثر من ألف مثال، وأصبح الطيارون ذوي خبرة رغم أن روح المغامرة كانت طاغية.



بين الحربين : نهاية الحرب العالمية الأولى تركت عدد هاماً من الطيارين دون عمل مما فتح المجال أمام النقل الجوي التجاري وفي المرتبة الأولى البريدي. وبتطور الطيران تم تأسيس قوات مسلحة بعدة دول، وهو ما جعل الطيران العسكري يدفع الصانعين الجويين إلى تحطيم الأرقام القياسية. وكان تطور الطيران المدني نتيجة مباشرة للبحوث العسكرية.

الحرب العالمية الثانية : استعمل الطيران بكثافة في ساحات المعارك. ويمكن أن نعتبر هذه المرحلة كذروة تطوير الطائرات التي تستعمل محركات ومراوح كوسيلة دفع وفي نهاية الحرب ظهرت المحركات التفاعلية والرادارات.

النصف الثاني من القرن العشرين : بعد انتهاء الحرب وضع عدداً كبيراً من الطيارين والطائرات خارج الخدمة. وكانت بذلك انطلاقة النقل التجاري المدني القادر على خرق الظروف المناخية واستعمال الطيران بدون رؤية. مما دفع بالطيران العسكري إلى تطوير المحركات النفاثة وإلى إطلاق الطائرات الأسرع من الصوت. وأدت البحوث المدنية إلى تطوير أولى طائرات الخطوط الرباعية المحركات وأصبح النقل الجوي متاحاً للجميع حتى في الدول النامية.



دراسة لآلة طائرة لليوناردو دا فينشي

بداية القرن الواحد والعشرين : في وقتنا الحاضر تطور النقل الجوي حتى أن بعض المناطق أصبحت لا تسع المزيد من الرحلات.و أصبح التطور مرتبطاً أكثر بالمراقبة الجوية وإدارة الحركة

الملاحية منه بالطائرات وتصاميمها وعلى المستوى العسكري أصبحت الطائرة إحدى المكونات في أنظمة الأسلحة، وتقلصت مهام الطيار بسبب التقنيات الحاسوبية. وأصبح الطيار بعيداً كل البعد عن الأجواء في الحرب العالمية الأولى.



وببساطة يمكن تعريف الطيران بأنه انعدام التلامس مع الأرض، مع أو بدون إمكانية التنقل، مع أو بدون ادوات هبوط.

رايت فلاير: أول طيران بآلة ذاتية الدفع.

الأخوان رايت جربا طائرتهما، ال فلاير 2، على هضاب كيتي هاوك يوم 17 ديسمبر 1903. تلغراف من أورفيل رايت في كيتي هوك، كارولاينا الشمالية، إلى أبيه يُعلمه بأربع محاولات طيران ناجحة، 17 ديسمبر 1903 المكتبة الرقمية العالمية 1903-12-17 2013-07-21 كلا المخترعان قاما بالطيران بعد إجراء قرعة عمن ستكون له الأفضلية في تجربة طائرتهما. الأول،

أورفيل طار لمسافة 39 مترا لمدة 12 ثانية. وهذه المحاولة تعتبر من قبل العديدين أول طيران ناجح أثقل من الهواء. ولكن المعارضين، خاصة الؤيدين لألبرتو سانتوس دومون، يتهمونهم باستعمال نظام إطلاق للهبوط. كما أن قلة عدد الشهود، لأن المخترعين أرادا ترك طرقهما سرية، ونقص القرائن يجعل من أسبقيتهما في الطيران مجالا للشك. ولكن هذا الطيران تم التأكيد على صحته بالمحاولات التالية التي قاما بها أخوان رايت.

قام البرازيلي ألبرتو سانتوس دومون، بالطيران في باقاتالا في 23 أكتوبر 1906 60مترا على ارتفاع بين 2 و3 امتار. بفضل هذا الطيران على متن الـ14 بيس، ربح أمام جمهور كبير جائزة ارناست ارشديكون، المقدمة من قبل نادي فرنسا للطيران للطيران الأثقل من الهواء الذاتي الدفع (بدون نظام إطلاق). المشككين بذلك، كالمؤيدين للأخوان رايت، يلومونه على استعمال فعل الأرض للبقاء في الهواء، بينما كانت الفلاير III تستطيع الارتفاع عندما طارت لمسافة 39.5 كم في 5 أكتوبر 1905.

انواع الطائرات



في الحقيقة يوجد عدة طرق لتصنيف الطائرات حسب النوع الذي تنتمي له. لكن الفرق الرئيسي هو بين الطائرات (هنا نقصد اي جسم قادر على الطيران) تلك التي هي أخف من الهواء وتلك التي هي أثقل من الهواء , وغيرها من التصنيفات التي سوف ندرسها .

- الأخف وزنا من الهواء (Lighter-than-air)

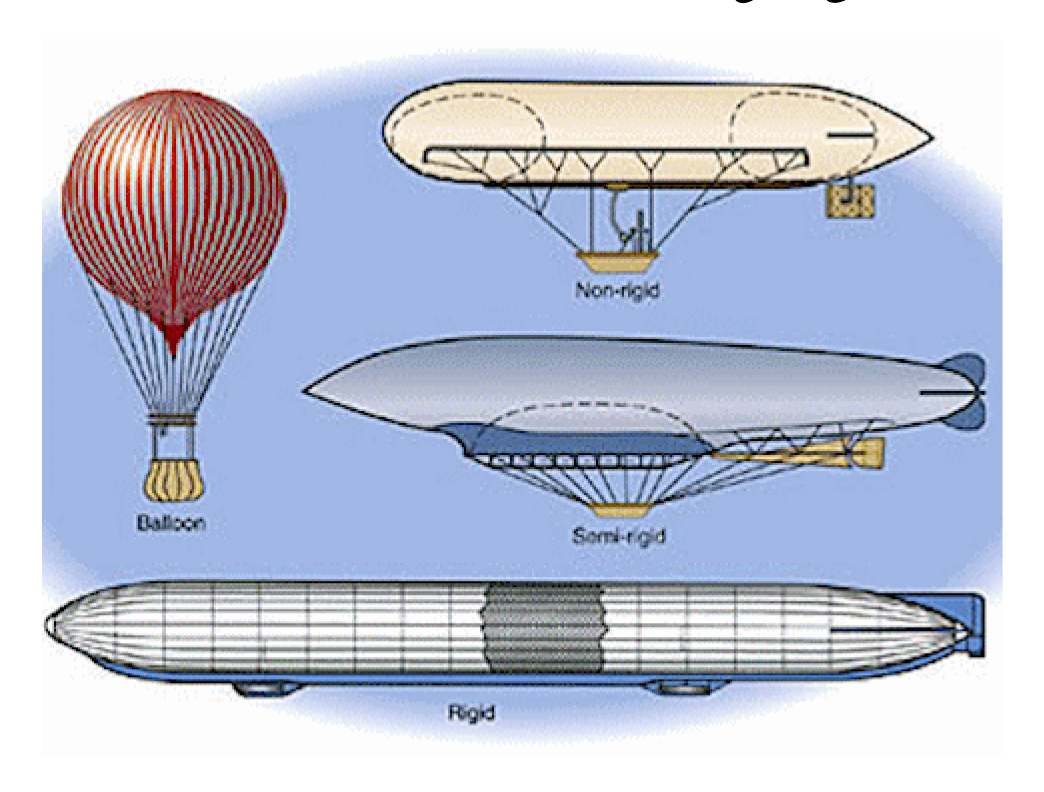
هذه الطائرات مثل البالونات balloons ، المناطيد blimps-airships ، تم تصميم هذا النوع من الطائرات لتحتوي داخل هيكلها على كمية كافية من الفراغ ، عندما تمتلئ بغاز تكون أخف

من الهواء (الهواء الساخن أو الهيدروجين أو الهليوم) ، فإنها تاخذ مكان الهواء المحيط وتطفو ، تمامًا كما يفعل الفلين على الماء.

البالونات ليست قابلة للتوجيه او ليست مرنة في التحكم والانجراف مع الريح من اكبر عوائقها المخيفة , اما المناطيد airships ليس لديها هيكل صلب ولكن لديهم شكل ديناميكي محدد ، والذي يحتوي على خلايا مملوءة بعامل الرفع lifting agent , ولديهم مصدر للدفع ويمكن السيطرة بطريقة جيدة .

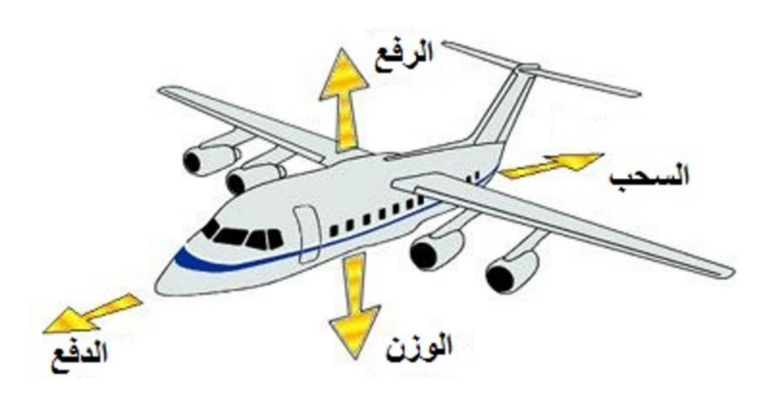
Dirigibles (وسيلة طيران تشبه المنطاد) قيد الاستخدام ، لكنها كانت أخف وزناً من الجو مع بنية داخلية صلبة ، والتي كانت كبيرة جدًا في العادة ، وكانت قادرة على التحرك في سرعات عالية نسبيًا.

الصورة التالية توضح الانواع اعلاه :



- الأثقل وزنا من الهواء (Heavier-than-air)

يجب أن يكون لهذا النوع من الطائرات مصدر طاقة لتوفير الدفع (thrust) اللازم للحصول على الرفع (lift) .

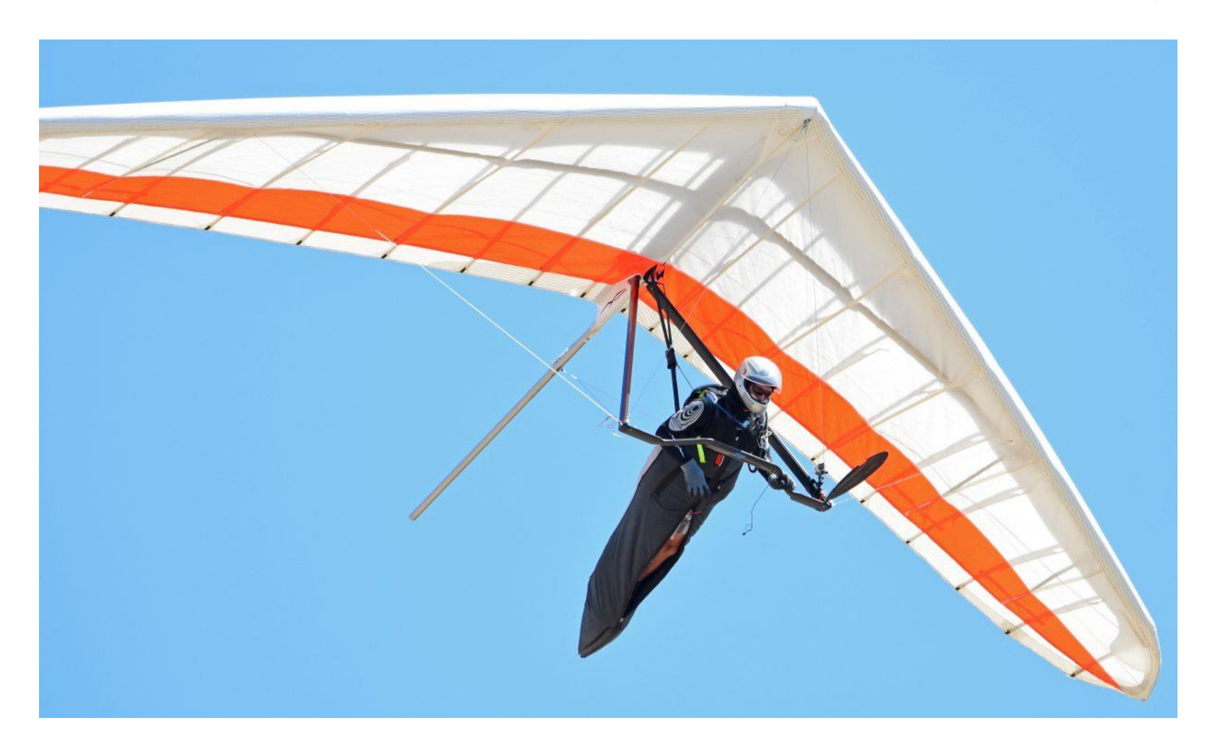


مثال بسيط على هذا النوع من الطائرات هي الطائرة الورقية , عموما هذا النوع من الطائرات يكون لها بنية مسطحة السطح (flat-surfaced structure) على عكس الطائرات الأخف من الهواء فهي تكون بيضوية او كروية , وعادة ما يكون لها ذيل (tail) وجناح (Wings) .

هناك نوع آخر من الطائرات بدون طيار وهي المركبة الجوية غير المأهولة (UAV). تُسمى هذه الطائرات أحيانًا طائرات بدون طيار أو مركبات موجهة عن بُعد (RPVs) ، ويتم التحكم فيها عن طريق امواج الراديو من الجو أو الأرض وتستخدم لأغراض علمية وعسكرية.



الطائرات الشراعية المعلقة Hang gliders هي طائرات بمختلف التكوينات يتم فيها تعليق الطيار أسفل الجناح (عادةً القماش) لتوفير الاستقرار والتحكم. يتم إطلاقها عادة من نقطة عالية. في أيدي طيار متمرس ، فإن الطائرات الشراعية المعلقة قادرة على الارتفاع (باستخدام أعمدة الهواء المرتفعة للحصول على حركة انزلاقية تصاعدية) , وهذه شكل الطائرة .



عادةً ما تستخدم **الطائرات الشراعية Gliders** للتدريب على الطيران ولديها القدرة على الطيران لمسافات معقولة عندما تنطلق أو تسحب في الهواء ، لكنها تفتقر إلى التطور الديناميكي

تمتلك هذه الطائرة أجنحة ذات نسبة عرض عالية إلى حد غير عادي (أي ، طول جناح طويل يتناسب مع عرض الجناح). يتم سحب معظم الطائرات الشراعية للإطلاق من الارتفاعات ، على الرغم من أن بعضها يستخدم محركات مساعدة صغيرة قابلة للسحب. ينتج الرفع lift من التأثير الميكانيكي للرياح وهذه ميزة التضاريس مثل الجرف. تنحرف قوة الريح إلى أعلى بفعل وجه التضاريس ، مما يؤدي إلى ارتفاع تيار الهواء. , وهذه شكل الطائرة .

ألترا لايت Ultralights ، هذه الطائرة في الاصل عبارة عن hang gliders ولكن تم تزويدها في محركات صغيرة , هذه الطائرات مصممة خصيصًا ذات وزن وقوة منخفضة جدًا ولكن مع صفات طيران مماثلة للطائرات الخفيفة التقليدية التي سوف ندرسها في هذا الدرس . وتم تصميمها أساسًا للتسلية ، على الرغم من أن النماذج المتقدمة تستخدم الآن للتدريب ودوريات الشرطة وغيرها من الأعمال ، بما في ذلك الاستخدام المقترح في القتال , وهذه شكل الطائرة .



- الطائرات المدنية (Civil aircraft)

جميع الطائرات غير العسكرية هي طائرات مدنية. وتشمل هذه الطائرات الخاصة private ودرجة الاعمال business planes والطائرات التجارية commercial airliners .

- الطائرات الخاصة هي طائرات شخصية تستخدم للتسلية ، وغالبًا ما تكون الطائرات أحادية المحرك (single engine) وذات معدات هبوط بسيطة . ومع ذلك ، يمكن أن تكون متطورة للغاية , والتي قد تكون مثل الطائرات التالية :

Warbirds وهي الطائرات العسكرية السابقة التي يتم نقلها لأسباب تتعلق بالحنين إلى الماضي ، بدءًا من المدربين الأساسيين إلى المفجرين الكبار



Homebuilts تم إنشاؤها من نقطة الصفر أو من مجموعات بواسطة المالك وتتراوح من التعديلات البسيطة والمعدات المتوفرة عادة



الطائرات البهلوانية **aerobatic planes**



- طائرات درجة الاعمال , تُستخدم طائرات رجال الأعمال لتوليد إيرادات لأصحابها وتشمل كل شيء بدءًا من الطائرات الصغيرة ذات المحرك الواحد المستخدمة في التدريب على الطيارين أو لنقل الطرود الصغيرة عبر مسافات قصيرة إلى الطائرات التنفيذية ذات المحركات الأربعة التي يمكن أن تمتد عبر القارات والمحيطات. يتم استخدام طائرات رجال الأعمال من قبل مندوبي المبيعات والمنقبين والمزارعين والأطباء وغيرهم.



هدفهم الأساسي هو الاستفادة من وقت كبار المسؤولين التنفيذيين من خلال تحريرهم من جداول شركات الطيران وعمليات المطار. كما أنها تعمل كمسؤول وكحافز متطور للعملاء المحتملين.

تشمل طائرات رجال الأعمال الأخرى تلك المستخدمة في العمليات الزراعية ، والإبلاغ عن حركة المرور ، ومكافحة حرائق الغابات ، والإخلاء الطبي ، ومراقبة خطوط الأنابيب ، وشحن البضائع ، والعديد من التطبيقات الأخرى.

إن أحد القطاعات المؤسفة التي تتوسع بسرعة في عدد رجال طائرات رجال الأعمال هو تلك التي توظف الطائرات بطريقة غير مشروعة لنقل المخدرات وغيرها من المواد الغير مشروعة. تُستخدم مجموعة متنوعة من الطائرات المماثلة لأغراض متخصصة ، مثل التحقيق في

العواصف الرعدية ، وتتبع الإعصار ، والبحث والتطوير الديناميكي الهوائي ، واختبار المحركات ، والمراقبة على ارتفاعات عالية ، والإعلانات ، وعمل الشرطة.

- تُستخدم الطائرات التجارية لنقل الركاب والشحن على أساس مجدول بين المطارات المختارة. وهي تتراوح في الحجم من ناقلات الشحن ذات المحرك الواحد إلى بوينج 747 وبسرعة من أقل من 200 ميل في الساعة إلى الأسرع من الصوت .



- الطائرات العسكرية (Military aircraft)

الطائرة العسكرية أو الطائرة الحربية، هي طائرة ثابتة الأجنحة أو متحركة الأجنحة تتبع القيادة العسكرية. والقليل من الطائرات العسكرية هي في الأصل نماذج خاصة من طائرات النقل أو الطائرات الخفيفة، قامت القوات المسلحة بشرائها من مصانع الطائرات. فعلى سبيل المثال، تستخدم القوات المسلحة للولايات المتحدة نماذج خاصة من الطائرة بوينگ 707، لنقل الجنود أو كخزان لإعادة تزويد الطائرات الأخرى بالوقود في الجو.

وتُنتج معظم الطائرات العسكرية خصيصًا لأداء مهمة عسكرية محددة. كأن تكون على سبيل المثال: طائرة مقاتلة أو قاذفة أو طائرة أعمال بحرية أو طائرة نقل وتستخدم في عمليات الدفاع عن الجو وفي أوقات الحروب.



تصنف الطائرات العسكرية حسب دورها كالتالي:

- طائرة شحن.
- طائرة شبح (تستخدم تقنية التخفي).
- طائرة مراقبة.
- بالون استطلاع.
- طائرة شراعية.
- طائرة بدون طيار.
- طائرة مقاتلة.
- طائرة هجوم أرضي.
- طائرة اعتراضية.
- قاذفة قنابل.
- طائرة تموين الوقود.
- طائرة تدريب.

الاستخدامات :

- الاستطلاع.
- المراقبة اللحظية لأرض المعركة حيث تعطى صوراً فردية تمكن القائد من اتخاذ القرار المناسب.
- الحرب الإلكترونية سواء الإيجابية أو السلبية
- مستودعات الإعاقة السلبية (chaff) أو صواريخ نشر الرقائق.
- مستودعات الإعاقة المزودة بالمشاعل الحرارية.
- مستودعات الإعاقة الإيجابية للتشويش على محطات الصواريخ والدفاع الجوى.
- إطفاء النيران.
- شرطة طائرات دون طيار.

- التصنيف حسب مكونات الطائرة : بشكل عام يمكننا ايضا تصنيف الطائرات حسب مكوناتها ولكن في هذا الكتاب نحن نستهدف الطائرات الصغرة التي يمكن بنائها للتحكم عن بعد (Drone) ولكن لغرض فيهم الطائرات بكافة اشكالها قدمنا هذا الدرس والتصنيفات وهي كما يلي :

1 – نوع الجناح

يمكن تصنيف الطائرات أيضًا من خلال مكوناتها ومقياس هام هو عدد الأجنحة ، ويشمل الأنماط أحادية السطح (monoplanes) بجناح واحد (أي على جانبي جسم الطائرة) , والطائرات ذات الجناحين (biplanes) ، أحدهما فوق الآخر .



على الرغم من انه نادراً ، الطائرات الثلاثية والرباعية . يحتوي الجناح المصنَّف tandem-wing craft جنباً إلى جنب على جناحين ، أحدهما يوضع أمام/فوق الآخر , انظر الاشكال التالية :

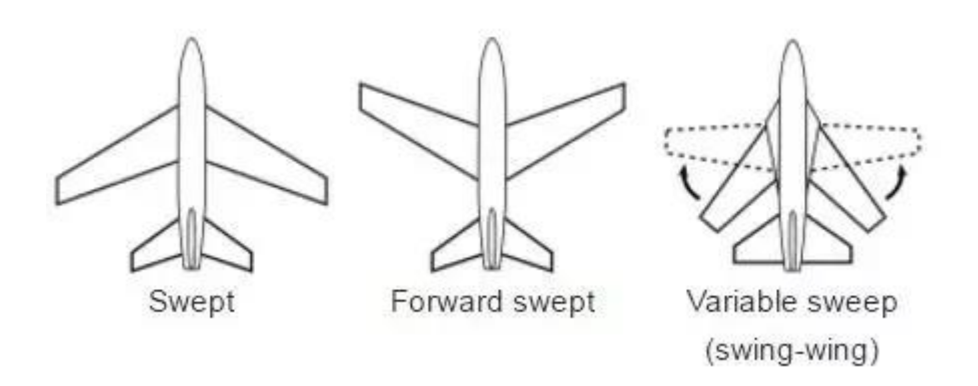




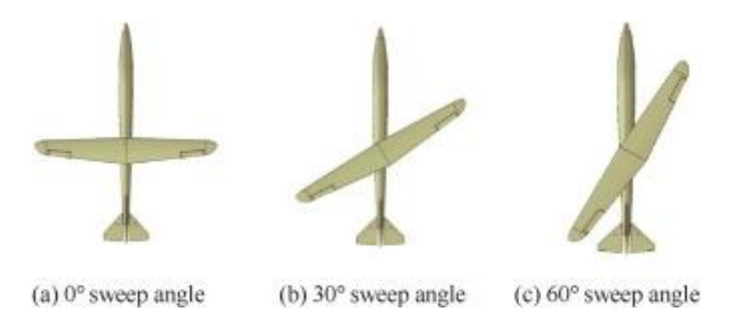
شكل الجناح المخطط هو الشكل الذي يتشكل عند رؤيته من الأعلى. تتشكل أجنحة دلتا (Delta wings) على شكل دلتا الحرف اليونانية (Δ) ؛ هم أجنحة مثلثة ملقاة في الزاوية اليمنى تقريبا إلى جسم الطائرة.

Delta I

الأجنحة المجنحة بزاوية (Swept wings) ، عادة في العمق وغالبًا بزاوية تبلغ 35 درجة تقريبًا. الأجنحة المجنحة تستخدم في بعض الدراسات البحثية.



تحتوي بعض الطائرات على أجنحة يمكن ضبطها أثناء الطيران لتعلقها بزوايا مختلفة على جسم الطائرة ؛ هذه تسمى أجنحة السقوط المتغيرة (variable incidence wing) يمكن للأجنحة ذات الهندسة المتغيرة (التأرجح) تغيير الاجتياح (أي زاوية الجناح فيما يتعلق بالمستوى العمودي على المحور الطولي للمركبة) من أجنحتهم أثناء الطيران. لهذين النوعين تطبيقات عسكرية في المقام الأول ، وكذلك الجناح المائل oblique wing ، حيث يتم ربط الجناح بزاوية حوالي 60 درجة كبديل لاكتساح الجناح المتماثل القياسي.



تكوين آخر يقتصر على الطائرات الحربية هو ما يسمى الجناح الطائر ، وهي عبارة عن طائرة تحتوي على جميع عناصرها داخل هيكل الجناح (كما في مهاجمNorthrop B-2) على عكس الجناح الطائر ، تولد طائرة الرفع (مثل مكوك الفضاء الأمريكي) المصعد جزئيًا أو كليًا على شكل جسم الطائرة بدلاً من الجناح ، والذي يقل حجمه بشدة.

شكل Northrop B-2 bomber



2 – عتاد الاقلاع والهبوط Takeoff and landing gear



وسيلة أخرى لتصنيف الطائرات هي نوع العتاد المستخدم للإقلاع والهبوط. ففي الطائرة التقليدية ، يتكون الترس-الجير (Gear) من عجلتين أساسيتين أسفل الجزء الأمامي من جسم الطائرة والعجلة الخلفية. ويُطلق على التكوين المعاكس ترس ثلاثي العجلات tricycle gear ، مع وجود عجلة انف واحدة وعجلتين رئيسيتين في الخلف. يقال إن طائرة بها مجموعتان أساسيتان من الهيكل السفلي في عجلات جسم الطائرة وحامي طرف الجناح تحتوي على معدات bicycle gear. تدمج الطائرات الكبيرة ، مثل Boeing 747 ، عربات متعددة (عدة عجلات مرتبة في مجموعة متنوعة من التكوينات) في معدات الهبوط الخاصة بها لنشر وزن الطائرة ولتسهيل عمليات التخزين .

تستخدم بعض الطائرات الزلاجات , العوامات أو الهياكل الأخرى للسماح بالإقلاع من الماء أو الهبوط فيه. وتشمل هذه الطائرات النفاثة ، المزودة بعوامات للتشغيل على الماء ؛ القوارب الطائرة ، حيث جسم الطائرة أيضا بمثابة بدن للسفر المائي ؛ والبرمائيات ، وهي مجهزة للهبوط والإقلاع من الأرض والمياه.

الطائرات البحرية المستخدمة على حاملات الطائرات تحتوي هيكلًا أثقل لتحمل ضغوط إطلاق االطائرات والهبوط المفاجئ . لذلك يختلف وضع الإقلاع والهبوط أيضًا بين الطائرات مثل نوع السطح ودرجة ميلانه .

3 - أنظمة الدفع

ان المحركات المستخدمة لتوفير قوة دفع هي عدة أنواع :

المحركات الترددية Reciprocating engines

في كثير من الأحيان يستخدم محرك مكبس الاحتراق الداخلي ، وخاصة بالنسبة للطائرات الصغيرة , وهذا المحرك يشبه تكوين محرك السيارات , توجد أنواع مختلفة ، على أساس ترتيب الاسطوانات. توظف المحركات ذات الاتجاه الأفقي أربعة إلى ستة أسطوانات ملقاة بشكل مسطح ومركبة اثنين أو ثلاثة على كل جانب والعديد من الاشكال .

في المحرك radial engine ، يتم تثبيت الأسطوانات (التي تتراوح من 5 إلى 28 ، وفقًا لحجم المحرك) في دائرة حول العمود المرفقي crankshaft ، وأحيانًا على ضفاف اثنين أو أكثر.



يمكن محاذاة أربعة إلى ثمانية اسطوانات واحدة خلف الأخرى في محرك متصل ؛ قد تكون الأسطوانات في وضع مستقيم أو مقلوب ، ويكون للانعكاس العمود المرفقي فوق الأسطوانات. تُستخدم أيضًا المحركات ذات النوع V ، مع الأسطوانات المرتبة على ضفاف ثلاثة أو أربعة أو ستة.

يعد المحرك الدوار هو النوع الأول من المحركات التي يتم تثبيت المروحة فيها على جسم الأسطوانات ، والتي تدور حول العمود المرفقي الثابت. المحركات الدوارة الحديثة rotary engines معدلة بعد مبدأ Wankel لمحركات الاحتراق الداخلي.

THE WANKEL ROTARY

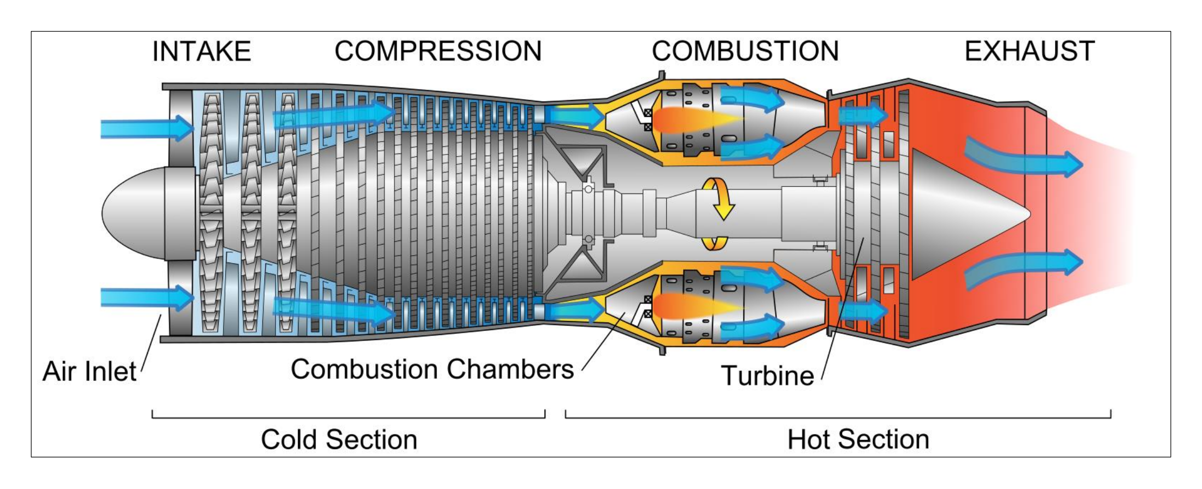
1 INTAKE
2 COMPRESSION
3 POWER
4 EXHAUST

في بعض الاحيان يتم تعديل السيارات وغيرها من المحركات الصغيرة للاستخدام في الطائرات المنزلية الصنع والخفيفة. تتضمن هذه الإصدارات ثنائية الشوط two-stroke, rotary, أفقيا. والصغيرة من النوع التقليدي لانه يولد عزم دوران وسرعة يمكن بناء طائرات متواضعة به .

في وقت مبكر من تاريخ الطيران ، تم تبريد معظم محركات الطائرات بالسوائل ، أولاً بالماء ، ثم بمزيج من الماء والإثيلين غليكول ethylene glycol , اما المحركات المبردة بالهواء بعد رحلة تشارلز ليندبيرغ الملحمية عبر الأطلسي في عام 1927 اصبحت المحركات المبردة بالسوائل هي الافضل والاكثر استخداما للحصول على كفاءة أعلى.

استبدل محرك التوربينات الغازية gas turbine engine بالكامل عن المحركات الترددية لدفع الطائرات aircraft propulsion . المحركات النفاثة تستمد قوة الدفع عن طريق إخراج منتجات الاحتراق من الطائرة بسرعة عالية. يُطلق على المحرك التوربيني الذي يمر عبر الهواء عبر غرفة الاحتراق اسم المحرك التوربيني turbojet .

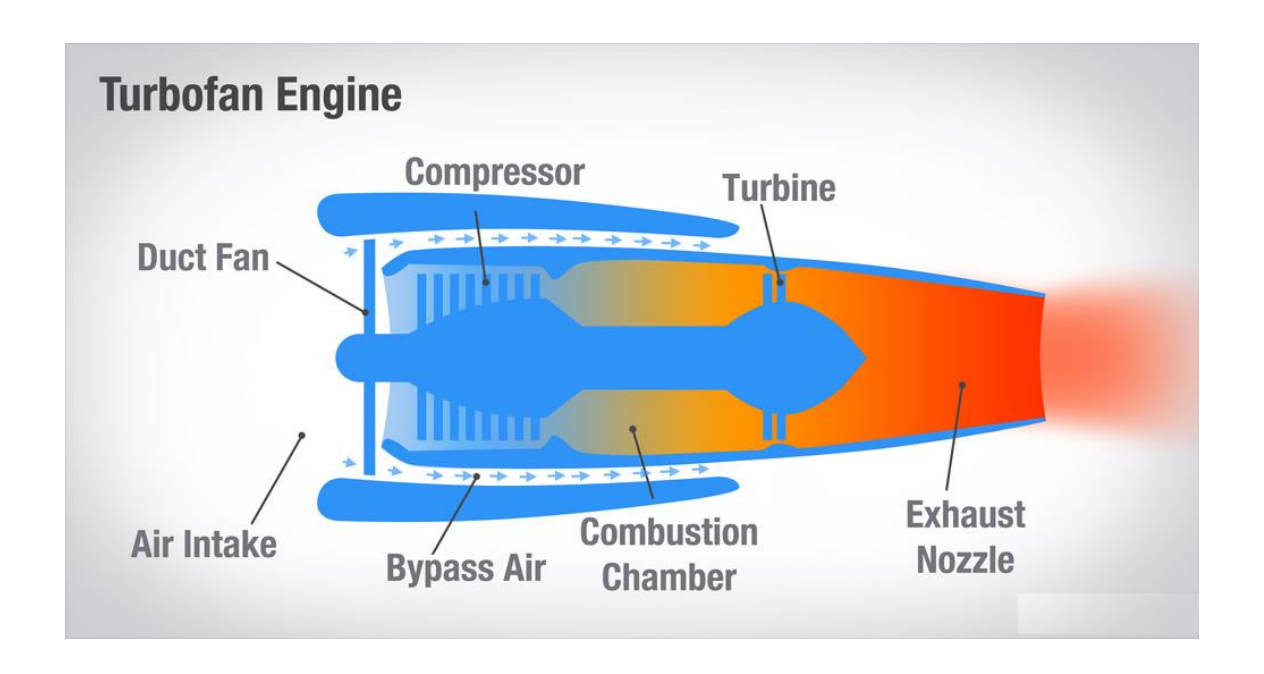
نظرًا لأن تصميمه الأساسي يستخدم أجزاء دوارة بدلاً من الأجزاء الترددية ، فإن المحرك التوربيني أبسط بكثير من المحرك الترددي ويزن أقل ، وأكثر موثوقية ، ويتطلب صيانة أقل ، ولديه إمكانية أكبر لتوليد الطاقة ويستهلك الوقود بمعدل أسرع ، لكن الوقود أقل تكلفة. بعبارات أبسط ، يقوم المحرك النفاث بسحب الهواء وتسخينه وإخراجه بسرعة عالية.



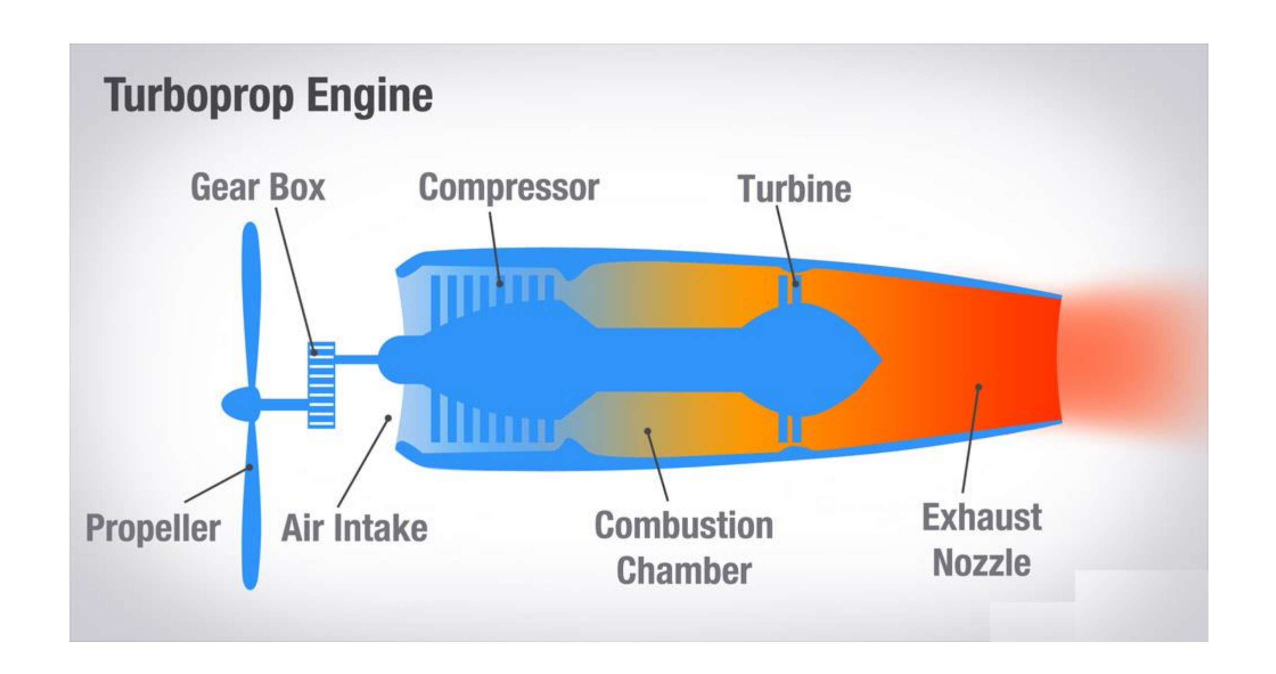
وبالتالي ، يتم إدخال الهواء المحيط في المحرك النفاث عند مدخل المحرك (induction) ، ويتم ضغطه حوالي 10 إلى 15 مرة في ضاغط compressor يتكون من شفرات الدوار والجزء الثابت الانضغاط (compression) ، ويتم إدخاله في غرفة الاحتراق حيث يشعل الوقود المحقن ويحدث الاحتراق (combustion). ينتج عن الاحتراق الناتج درجات حرارة عالية (من 1400 إلى 1900 درجة فهرنهايت [760 إلى 1،040 درجة مئوية]).

تمر الغازات الساخنة الممتدة عبر التوربينات متعددة المراحل ، والتي تحول ضاغط الهواء من خلال عمود متحد المحور ، ثم إلى فوهة تصريف ، مما ينتج قوة دفع من تيار الغازات عالية السرعة التي يتم إخراجها إلى العادم (exhaust).

ال turbofan هو محرك توربيني يحتوي على مروحة كبيرة منخفضة الضغط قبل قسم الضاغط ؛ يسمح للهواء ذو الضغط المنخفض بتجاوز الضاغط والتوربينات ، ليختلط مع التيار النفاث ، مما يزيد من كتلة الهواء المتسارع. نظام نقل كميات كبيرة من الهواء بسرعة أبطأ يرفع الكفاءة ويقلل من استهلاك الوقود والضوضاء.



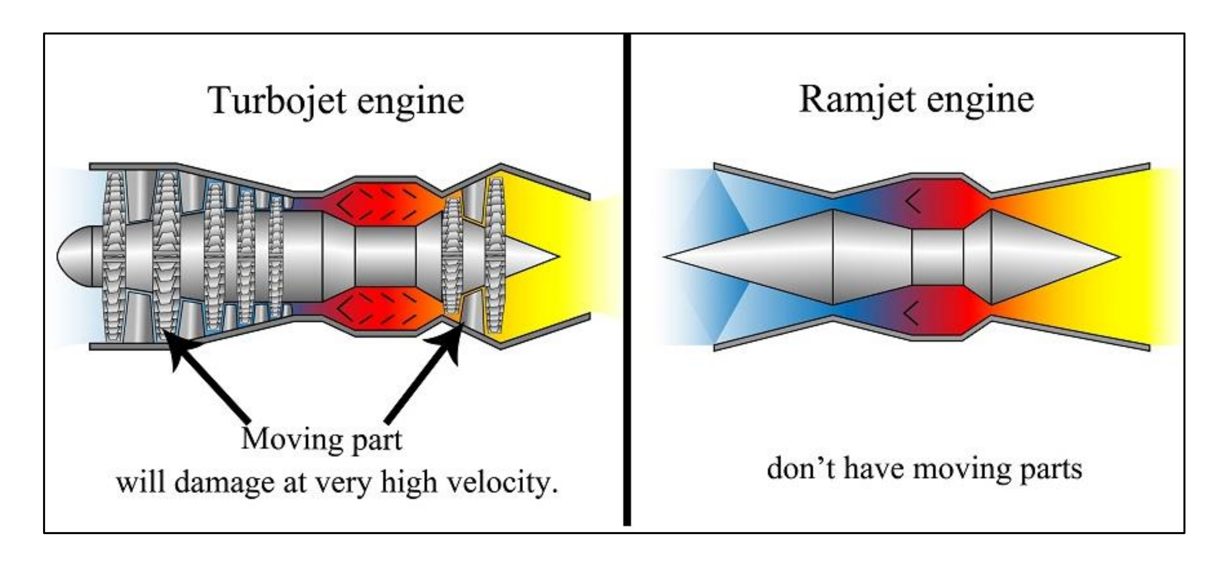
ال turboprop هو محرك توربيني متصل بواسطة علبة التروس Gear Box إلى مروحة. المحركات التوربينية turboprop عادة ما تكون أصغر حجماً وأخف وزناً من محرك المكبس ، وتنتج طاقة أكبر ، وتحرق وقوداً أكثر ولكن أرخص.



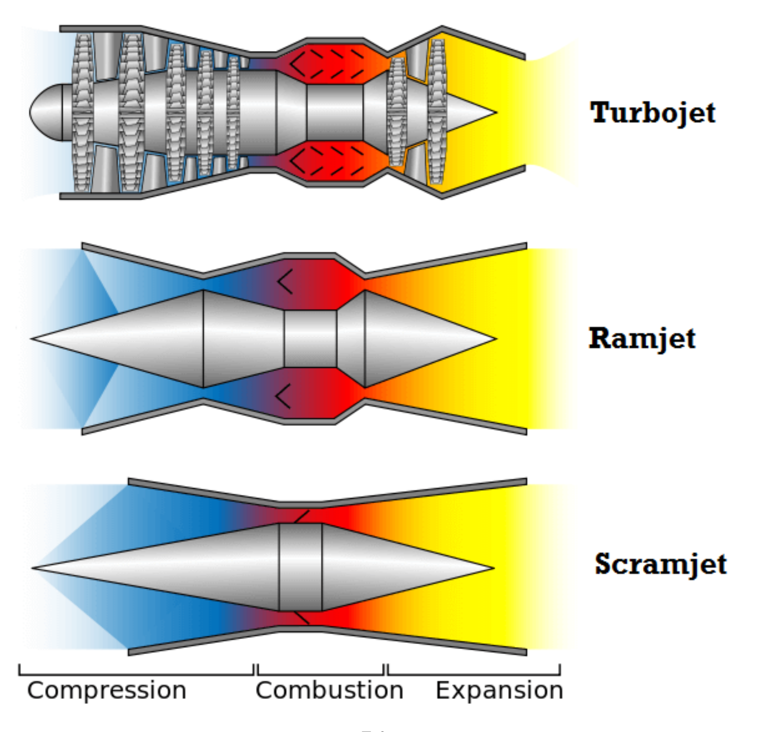
Propfans ، محركات الطائرات النفاثة ، الحصول على تدفق الهواء باستخدام مراوح وتر واسعة يقودها المحرك النفاث. الصواريخ هي محركات تفاعلية بحتة ، وعادة ما تستخدم الوقود وعامل مؤكسد في الاحتراق . يتم استخدامها بشكل أساسي للطائرات البحثية ولإطلاق المركبات الفضائية والأقمار الصناعية.



ramjet هو محرك يتنفس الهواء ، بعد تسارعه إلى السرعات العالية ، يعمل مثل المحرك التوربيني turbojet دون الحاجة إلى ضاغط أو التوربينات.



Scramjet (ramjet الاحتراق الأسرع من الصوت) هو محرك مصمم للسرعات التي تتجاوز Mach 6 ماخ، والذي يمزج الوقود في الهواء الذي يتدفق عبره بسرعة تفوق سرعة الصوت ؛ الغرض منه هو للطائرات التي تفوق سرعة الصوت.



4 – مكان المحرك Engine placement

تختلف الطائرات في مكان وضع المحرك على الهيكل , فيمكن ان يكون على الجناح او الذيل او اماكن اخرى في هيكل الطائرة , انظر الاشكال التالية :



لأسباب تتعلق بالتوافر ، ووزن منخفض ، وخبرة سابقة في التصنيع ، كانت معظم الطائرات المبكرة مصنوعة من الخشب والنسيج fabric . ، وتم استخدام العديد من الأسلاك والدعامات والأقواس وغيرها من الأجهزة لتوفير القوة الهيكلية اللازمة.

كانت الأخشاب المفضلة خفيفة وقوية نسبيًا (على سبيل المثال ، شجرة التنوب) ، وكانت الأقمشة عادةً من الكتان أو شيئًا متشابكًا بشكل مماثل ، وليس قماشًا كما هو موضح غالبًا.

مع تقدم السرعات ، تطورت المتطلبات الهيكلية ، وقام المصممون بتحليل أجزاء الطائرات الفردية لكل من القوة ومقاومة الرياح.

وبدأت بعض الشركات المصنعة في صنع جسم الطائرة الخشبية مغلفة البناء monocoque (الضغوط التي يحملها الجلد) لمزيد من القوة ، تبسيط أفضل ، ووزن أخف وزنا. كان المتسابقون الفرنسيون ديبيردوسين ، الذين سجلوا أرقامًا قياسية في عام 1912 ، ومقاتلي الباتروس الألمان في الحرب العالمية الأولى ، واللاحق الأمريكي لوكهيد فيغا ، من بين الطائرات التي استخدمت هذا النوع من البناء.

كان من الصعب صيانة الطائرات المصنوعة من الخشب والقماش وتخضع لتدهور سريع عند تركها في العناصر. هذا ، بالإضافة إلى الحاجة إلى قوة أكبر ، أدى إلى استخدام المعادن في الطائرات. أول استخدام عام كان في الحرب العالمية الأولى ، عندما استخدمت شركة Fokker للطائرات جسم الطائرة الصلب الملحوم ، وصنعت شركة Junkers جميع الطائرات المعدنية من أنابيب مزدوجة وغطاء من الألومنيوم.

خلال الفترة من 1919 إلى 1934 ، كان هناك اتجاه تدريجي لتشييد جميع المعادن ، مع بعض الطائرات لديها هياكل جميع المعادن (تقريبا دائما من الألومنيوم أو سبائك الألومنيوم) مع الأسطح المغطاة بالقماش ، والبعض الآخر يستخدم مونوكوك جميع المعادن اعمال بناء.

يعد المعدن أقوى وأكثر متانة من النسيج والخشب ، ومع تطوير مهارات التصنيع اللازمة ، مكّن استخدامه الطائرات من أن تكون أخف وأسهل في البناء. على الجانب السلبي ، كانت الهياكل المعدنية عرضة للتآكل والتعب المعدني ، وتم تطوير إجراءات جديدة للحماية من هذه المخاطر. تم تطوير مجموعة واسعة من سبائك الألومنيوم ، وتم استخدام المعادن الغريبة مثل الموليبدينوم والتيتانيوم ، خاصة في المركبات التي تتطلب قوة شديدة أو مقاومة حرارية غير عادية. نظرًا لأن الطائرة مصممة للعمل في Mach 3 (ثلاثة أضعاف سرعة الصوت) وما بعده ، تم تقديم مجموعة متنوعة من التقنيات لتجنب آثار التسخين الديناميكي الهوائي. وتشمل هذه استخدام الوقود في الخزانات "بالوعة حرارة" (لامتصاص وتبديد الحرارة المتولدة) ، وكذلك استخدام المواد الغريبة مثل المواد المركبة من الكربون الكربون المتقدمة ، وطلاء السيراميك كربيد السيليكون ، والألومنيوم والتيتانيوم السبائك وسبائك التيتانيوم المقواة بألياف السيراميك. بالإضافة إلى ذلك ، تتطلب بعض التصميمات تداول غاز الهيدروجين البارد جدًا عبر المناطق الحيوية للتدفئة الديناميكية الهوائية.

الاتجاهات الحالية في تصميم الطائرات

كانت هناك تغييرات هائلة على مر السنين في الوسائل التي يتم بها فهم وتطبيق تلك المبادئ. أكثر هذه التغييرات انتشارًا وتأثيراً هي مجموعة واسعة من تطبيقات تكنولوجيا الكمبيوتر في جميع جوانب الطيران. والعامل الثاني هو التطور الواسع النطاق لاستخدام المواد المركبة في هياكل الطائرات. في حين أن هذين العنصرين هما نتائج التقدم في الهندسة

القضايا الاجتماعية متعددة وتتضمن الترابط العالمي المتزايد للأعمال التجارية ، والثورات السياسية غير المسبوقة في كل جزء من العالم ، والرغبة الإنسانية العالمية في السفر. كل هذه الأمور تأتي في وقت تسبب فيه تناقص موارد الوقود الأحفوري في حدوث زيادات كبيرة في أسعار

الوقود. نتيجة لذلك ، تعد كل من أجهزة الكمبيوتر والمواد المركبة ضرورية لإنشاء طائرة أخف وزناً وأكثر قوة وأكثر كفاءة في استهلاك الوقود.

من بينها أن تصميم الطائرة واختبارها وإصدار الشهادات لها أصبح مشروعًا مكلفًا بشكل غير عادي لدرجة أن الشركات الأكثر تمويلًا هي وحدها القادرة على تطوير حتى الطائرات الصغيرة نسبيًا. بالنسبة للطائرات الأكبر حجمًا ، أصبح من الممارسات الشائعة للعديد من الشركات المصنعة ، غالبًا من دول مختلفة ، التحالف مع أنفسهم لضمان تصميم جديد. تم هذا التعاون الدولي بنجاح كبير أولاً مع النقل الأسرع من الصوت للكونكورد الفرنسي ، ومنذ ذلك الحين أصبح واضحًا في عدد من الطائرات. يتمثل أحد مكونات هذه العملية في تخصيص إنتاج عناصر معينة من الطائرة في بعض البلدان ، كقضية مقابل تلك البلدان التي لا تطور طائرات محلية من نوع مماثل.

أن احتمال حدوث أضرار كبيرة للغاية يتم منحها كنتيجة للمسؤولية في حالة حدوث تحطم قد أجبر معظم شركات الطائرات على التوقف عن تصنيع أنواع أصغر من الطائرات الشخصية. والسبب في ذلك هو أن التعرض للأضرار الناتجة عن عدد كبير من الطائرات الصغيرة ذات المحرك الواحد أكبر من التعرض من القيمة السوقية المكافئة لعدد قليل من الطائرات الأكبر حجمًا ، نظرًا لأن الطائرات الأكبر حجمًا لديها برامج صيانة أفضل وطيارون مدربون تدريباً عالياً . كان التأثير العملي لهذا النمو الهائل في صناعة الطائرات المنزلية ، حيث من المفارقات أن استخدام أجهزة الكمبيوتر والمركبات أدى إلى ثورة انتقلت إلى صناعة الطائرات التجارية.

6 - استخدام أجهزة الكمبيوتر Use of computers



منذ منتصف الستينيات من القرن الماضي ، تم تطوير تقنية الكمبيوتر بشكل مستمر إلى الحد الذي يمكن من خلاله محاكاة تصاميم الطائرات والمحركات واختبارها في تباينات لا تعد ولا تحصى في ظل مجموعة كاملة من الظروف البيئية قبل الإنشاء. نتيجة لذلك ، يمكن إعطاء اعتبار عملي لسلسلة من تكوينات الطائرات ، والتي ، على الرغم من أنها كانت تحاول في بعض الأحيان وعادة ما لم تنجح في الماضي ، يمكن الآن استخدامها في طائرات الإنتاج. وتشمل هذه الأجنحة التي تم جرفها للأمام ، وأسطح الكردان ، والجسم والأجنحة المخلوطة ، وصقل الجنيحات المتخصصة (الجناح ، المروحة ، شفرة التوربينات). مع هذا يذهب فهم أكثر شمولية للمتطلبات الهيكلية ، بحيث يمكن الحفاظ على قوة كافية حتى يتم إجراء تخفيضات في الوزن.

ويكمل وتعزيز نتائج استخدام أجهزة الكمبيوتر في التصميم الاستخدام المنتشر لأجهزة الكمبيوتر على متن الطائرة نفسها. تستخدم أجهزة الكمبيوتر لاختبار ومعايرة معدات الطائرة ، بحيث يمكن توقع وتصحيح المشكلات المحتملة قبل وأثناء الرحلة. في حين أن الطيار الآلي الأول كان عبارة عن أجهزة حافظت على الطائرة في رحلة مباشرة ومستوية ، فإن أجهزة الكمبيوتر الحديثة تسمح لنظام الطيار الآلي لتوجيه الطائرة من الإقلاع إلى الهبوط ، مع دمج مستمر لظروف الرياح والطقس وضمان تقليل استهلاك الوقود. في الحالات الأكثر تقدمًا ، تم تغيير دور الطيار من دور الفرد الذي يتحكم باستمرار في الطائرة في كل مرحلة من مراحل الرحلة إلى مدير أنظمة يشرف على الموارد البشرية والميكانيكية ويوجهها في قمرة القيادة.

باستخدام أجهزة الكمبيوتر التي يمكنها استشعار التغييرات في ظروف الطيران وإجراء تصحيحات بمئات وحتى آلاف المرات في الثانية - أسرع بكثير وبدقة أكبر من قدرة أي طيار - يمكن تصميم الطائرة بشكل غير مستقر. يمكن منح الأجنحة ، إذا رغبت في ذلك ، اكتساحًا للأمام ، ويمكن تقليل حجم أسطح الذيل إلى الحد الأدنى المطلق

- الطائرات العامودية - المروحيات Helicopters



اختراع بدأ برسم في القرن الـ15 , المِرْوحيّة، المعروفة أيضًا باسم الحوّامة أو الطائرة العمودية هي عبارة عن آلة ميكانيكية لديها القدرة على الطيران والارتفاع عن الأرض بمساعدة ريشتين أو أكثر من الريش المثبتة أعلى بدنها والتي تمنحها القدرة بدورانها حول محورها على الارتفاع والتحليق في الجو.

وتصنف على أنها طائرة ذات أجنحة دوارة Rotary-wing Aircraft لتمييزها عن الطائرة ذات الأجنحة الثابتة، وذلك بسبب أن المروحية تستمد قوة الرفع من دوران الريش حول العمود.

الميزة الأساسية للمروحية هي دورانها حول نفسها في الجو وحفاظها على قوة الرفع دون الحاجة للتحرك للأمام. وتستطيع الإقلاع والهبوط عموديًا دون الحاجة لمدرج. لهذا السبب فإن لها المقدرة على الوصول لأماكن مكتظة أو منقطعة حيث لايمكن للطائرات ذات الجناح الثابت فعل ذلك.

بالرغم من أن المروحيات طورت وبنيت في بداية النصف الأول من قرن الطيران، لكنها لم تنتج إلا بأعداد محدودة حتى عام 1942 حيث صممت طائرة إيجور سيكورسكي وأصبحت أول مروحية تنتج على نطاق واسع بحوالي 400 نسخة. وحتى التصميمات القديمة فقد كانت تستخدم أكثر من دوار رئيسي، أما الحالية فتستخدم بالإضافة للرئيسي دوار ذيلي مانع للدوران. وهذا التصميم هو ما أصبح يُعرف عالميًا باسم المروحية. لذلك فهي مثاليّة للقيام بعدّة أمور، مثل: الوصول لشخص مريض في منطقة لا يوجد بها مُدرّج، أو الهبوط إلى أماكن صغيرة يصعب الوصول إلى سطحها، والهبوط بسرعة فوق المستشفيات.

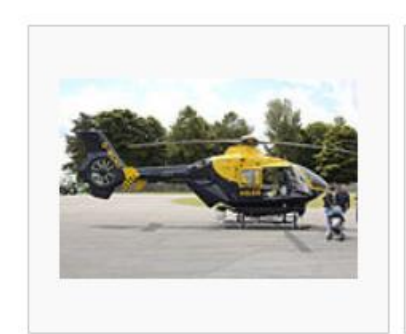
تستخدم المروحية لأداء بعض المهمات التي لا تستطيع الطائرات الأخرى القيام بها، بسبب خصائصها التشغيلية الفريدة، مثل قدرتها على الإقلاع والهبوط عموديًا، والبقاء ثابتة بالجو لفترات طويلة من الوقت، فضلا عن قدرتها على التعامل بحالات السرعة الجوية المنخفضة. تشمل استخدامات المروحية حاليًا النقل والبناء ومكافحة الحرائق والبحث والإنقاذ والاستخدامات العسكرية.



الرافعة الجوية سيكورسكي S-64



مروحية تابعة لولاية كاليفورنيا ترمي المياه لإطفاء الحرائق



مروحية شرطة تابعة لولاية أفون جنوب إنجلترا

أنواع المحركات

يتحدد نوع وحجم المحرك حسب حجم وخاصية المروحية. وتشتمل أنواع المحركات على ما يلي:

- **المحركات الكهربائية**: وتستخدم للمروحيات بدون طيار التي تعمل بمحركات كهربائية ذات بطاريات.
- **محرك نتروميثان**: نوع من المحركات ذات احتراق داخلي يستخدم نتروميثان - ميثانول ويستخدم للمروحيات التي تعمل بأجهزة التحكم عن بعد.
- **محرك بنزين**: محرك احتراق داخلي ويستخدم أيضًا بالمروحيات التي تعمل بأجهزة التحكم عن بعد.
- **محرك عمود دوران توربيني**: أحد أنواع التوربين الغازي التي تنتج قدرة للعمود الدوار عوضًا عن الدفع النفاث. وهو المحرك الأشهر الذي يستخدم للمروحيات التي تقاد بطيار.
- **الطرف النفاث**: وهو نظام قديم لم يكتب له النجاح، واستخدم بالمروحيات فقط، بحيث يوضع خرطوش نفاث على طرف ريشة الدوار، مما ينتج عنه دفع نفاث.

- طائرات التحكم عن بعد Remote control aircraft (RC)



من هنا تبدء دروسنا في طائرات التحكم عن بعد وهو الهدف الاساسي من هذا الكتاب , في البداية دعونا نفرق الفرق بين (Aircraft) و (Airplane) المصلحان يدلان على الطائرات ولكن هنالك فرق بينهم ان Aircraft هي اي شيئ صنعه الانسان قادر على الطيران فقد يكون طائرة هيلكوبتر او بالون او طائرة باجنحة , اما Airplane فهي تدل على الطائرات التي لها اجنحة . هذا الدرس من الدروس المهمة لمعرفة انواع الطائرات لتصنيع طائرات التحكم عند بعد وفق المعايير الشخصية لكل مستخدم وحسب قوانين وأسس في علوم الطيران والمتحكمات الالكترونية والطائرات سندرسها في الدروس القادمة .

يعد صناعة او اختيار أول طائرة للتحكم في الراديو أمرًا مثيرًا ، بغض النظر عن عمرك! دعونا نواجه الأمر ، نحن جميعًا أطفال في القلب . ولكن يمكن أن يكون هذا أيضًا متعبا، لذا فإن الهدف من هذا الكتاب هو تحطيم الحواجز وتعريفك على طائرات RC المبتدئين دون الشعور بالملل والاحباط .

ولكن ما الذي يحدد طائرة "المبتدئين"؟

لا توجد قواعد صارمة ، ولكن من المؤكد أنه يمكن وضع الطائرة التي تكون مستقرة جدًا وطيران أبطأ ودائمًا وبسيطًا نسبيًا في فئة المبتدئين. بالمناسبة ، وكما هو معروف مثل هذه الطائرة باسم طائرة المدرب trainer airplane .

وكما هو الحال بالنسبة للنوع يعد "Ready To Fly" RTF هو خيارك الأفضل إذا كنت ترغب فقط في الطيران دون الاضطرار إلى القيام بأي أعمال بناء أولاً.

عندما يكون جناح الطائرة على قمة جسم الطائرة ، يُقال إنه عالي الجناح. مثل هذه الطائرات تكون دائمًا أكثر ثباتًا من الأجنحة المنخفضة ، لذا اجعل مدربي RC المثاليين يبدئون التعلم او بناء هذا النوع من الطائرات

أحد الأمثلة التي تم تصميمها على نطاق واسع هو Piper Cub ، أو بدائل. في الواقع ، كانت Super Cub من HobbyZone ، إحدى العلامات التجارية التابعة لشركة تصنيع ومراقبة الموزعين في أمريكا الشمالية ، Horizon Hobby ، واحدة من أكبر طائرات RC للمبتدئين في السنوات الأخيرة.

تم تحديث HobbyZone Super Cub الأصلي منذ ذلك الحين ، وللأسف ، توقفت لكنها بالتأكيد جعلت مكانها في كتب التاريخ باعتبارها واحدة من طائرات المبتدئين الأكثر شعبية المنتجة.

طائرة (*Super Cub S*)



لا يمكن أن تخطئ كثيراً في استخدام طائرة RC مثل هذه ، وهناك إصدار أصغر قليلاً هو HobbyZone Sport Cub S RTF ، وهو اختيار شائع جدًا للمبتدئين. يظهر Sport Cub S RTF أدناه :

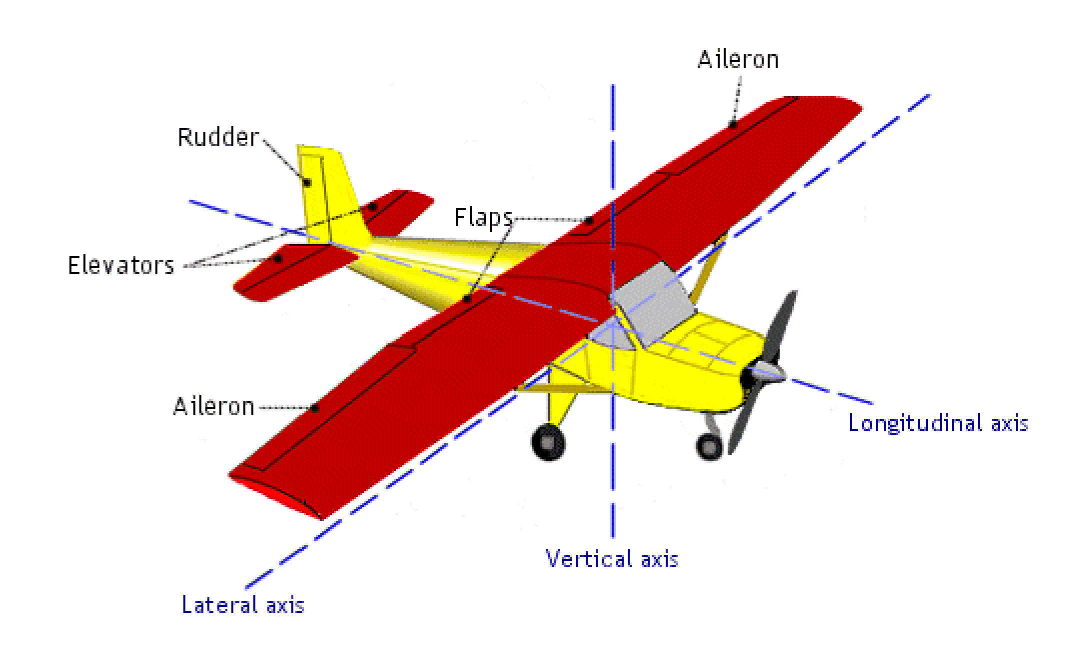


لقد أثبتت Sport Cub S بالفعل أنها تحظى بشعبية مثل Super Cub الأصلية ، كما أنها تتميز بتقنية SAFE ™ لتحقيق الاستقرار

بالانتقال إلى الحجم مرة أخرى ، كانت Champ ، من نفس الشركة ، من أكثر الطائرات شهرة بالنسبة للمبتدئين , تتميز بان سعرها منخفض وحجمها صغير.

في الحقيقة ، ليست صغيرة دائمًا جيدة عند التعلم ، ولكن إذا كانت ميزانيتك ضيقة وكانت مساحة الطيران محدودة ، فسيوصى بصناعة او اقتناء طائرة صغيرة .

تتميز طائرات المبتدئين RC بالطائرات الموضحة أعلاه بأنها مستقرة جدًا نظرًا لتكوينها العالي الجناح ، وهي ثلاثية القنوات three-channel . هذا يعني أن لديك السيطرة على قوة المحرك motor power ، **الدفة (التوجيه) rudder** والمصعد (أعلى / أسفل) elevator . البديل الخاص بك للتعلم على طائرة RC بثلاث قنوات هو التعلم على واحدة مع أربع قنوات .



- طائرات المبتدئين - 3 قنوات أو 4؟

إنه سؤال شائع - هل يجب على القادمين الجدد إلى هواية تصميم واختيار طائرة بثلاث أو أربع قنوات RC؟

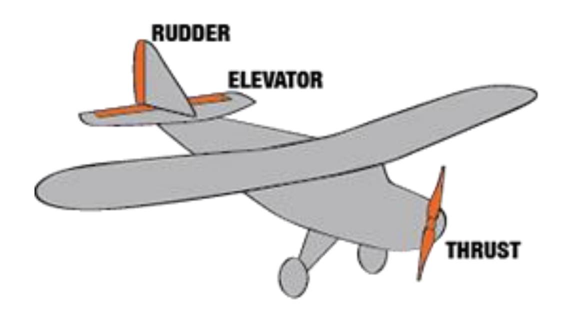
عدد القنوات يعني عدد الوظائف القابلة للتحكم في الطائرة. سيكون للطائرة ثلاثية القنوات عمومًا التحكم في قوة المحرك والمصعد والدفة ، على الرغم من أنه ممكن الخيار هو التحكم في الجنيح **aileron** بدلاً من الدفة.

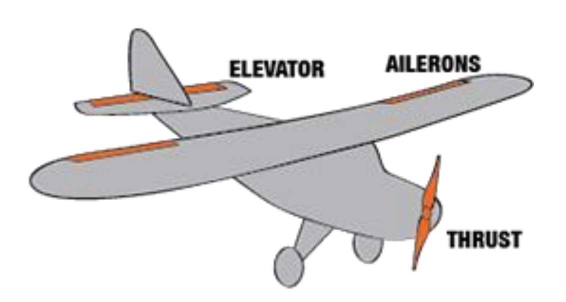
سيكون للطائرة ذات 4 قنوات التحكم في قوة المحرك ، المصعد ، الدفة والجنيحات. طائرة RC للمبتدئين وتستخدم 4 قنوات هي E-flite Apprentice S 15e ، الموضحة أدناه:

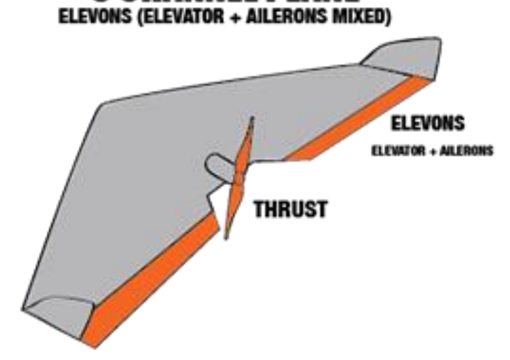


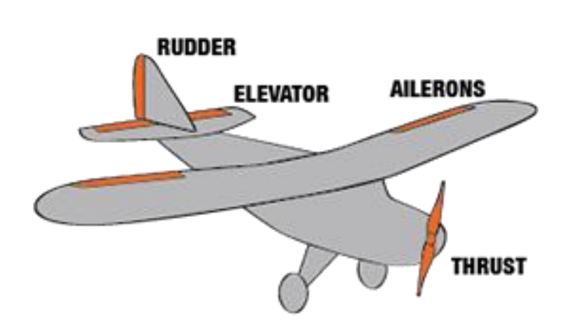
في الأساس ، يستخدم المتدرب من 3 قنوات لتلعم كيفية الطيران (في البداية سوف يكون التحكم صعبًا لان الطائرة بشكل عام تطلب سرعة في التحكم وانتباه للتفاصيل) . الجانب السلبي هو أنك لن تحصل على الكثير من المرح مع طائرة RC ثلاثية القنوات بمجرد أن تتقن الأساسيات. الاستثناء من ذلك هو الطائرات التي تتحكم في الجنيح بدلًا من الدفة - فهذه الطائرات هي للطائرات البهلوانية أكثر ، وأكثر متعةً للطيران عمومًا. ولكن بصفة عامة ، سيكون لديك متوسط 3 قنوات من طراز RC يتحكم في الدفة ولا يتحكم في الجنيح كمتدرب حديث .

هناك إيجابيات وسلبيات لكل منهما ، كما هو الحال دائمًا. تمنحك ثلاث قنوات وقتًا أسهل عند التعلم ، وتمنحك أربع قنوات مزيدًا من المتعة .









طائرات RC ليست الخيار الوحيد لطائرات للمبتدئين - البديل الجيد هو طائرة شراعية تعمل بالطاقة الكهربائية مثل مثال Conscendo الموضح أدناه :



تتمتع الطائرات الشراعية RC التي تعمل بالكهرباء مثل هذا بالكثير من الثبات الكامن ، مما يتيح لك الكثير من الوقت للرد على مدخلات التحكم الخاصة بك. يجعل الحجم الأكبر (عادةً) من السهل رؤيته من مسافة بعيدة ، لكن بالطبع هذا الحجم الكبير ليس مناسبًا لأغراض النقل.

أصبحت هذه الطائرات شائعة جدًا وهي تعد بديلاً جيدًا تمامًا لتكوين المدرب ذي الأجنحة العالية أو طائرة شراعية تعمل بالكهرباء. بشكل عام لديهم خصائص رحلة ودية ومستقرة للغاية في الهواء.

- التكنولوجيا في طائرات ال RC للمبتدئين

تغيرت هواية التحكم في الراديو التي تطير بشكل كبير في السنوات الأخيرة بفضل التطورات الإلكترونية , أحد هذه التغييرات ، الذي يعد مفيدًا للغاية (والموجه إلى) الطيار RC للمبتدئين ، هو إدخال تقنية التثبيت stabilization technology .

لطالما كانت Horizon Hobby في مقدمة الطريق هنا ، لطالما كانت طائراتها المبتدئة تتميز بـ "ACT" (Anti-Crash Technology)™ (تقنية مكافحة الأعطال) حيث تستعيد الطائرة نفسها من موقف خطير محتمل.

ولكن في الآونة الأخيرة ، أصبحت التكنولوجيا متقدمة للغاية ، وتقدم الشركة الآن تقنية SAFE ™ (Sensor Assisted Flight Envelope) في طائرات معينة

توفر تقنية SAFE للمبتدئين ثلاثة خيارات , وضع المبتدئين beginner mode يوفر ميزة الاستواء الذاتي حيث ستستوي الطائرة في حال تم تحرير عصي جهاز الإرسال إلى مواقعها الاصلية .

وضع المتوسط Intermediate mode يزيل الوضع الوسيط التسوية الذاتية , وضع ذوي الخبرة Experienced mode وضع ذوي الخبرة يعمل فقط على إيقاف جميع أدوات تثبيت الاستقرار وبالتالي يمكن نقل الطائرة بشكل طبيعي . ويتم تنشيط / إلغاء تنشيط أوضاع SAFE الثلاثة بواسطة مفتاح تبديل ثلاثي الاتجاه على جهاز الإرسال transmitter .

النوع الثاني من التكنولوجيا هو **AS3X** ™ (محاور التثبيت التلقائي 3) هذا ليس الغرض منه مساعدة الطيار RC للمبتدئين مثل SAFE ، ولكن بدلاً من ذلك يخفف أي انقطاع غير مرغوب فيه لمسار رحلة الطائرة (أي بشكل رئيسي من الرياح). لا يتداخل AS3X بنشاط مع مدخلات التحكم للطيار كما تفعل SAFE ، ولكن بدلاً من ذلك يعمل باستمرار في الخلفية لضمان تجربة طيران أكثر سلاسة.

هناك الآن الكثير من الخيارات لجيروسكوبات (قطعة لتوازن الطائرات) التثبيت المستقلة بعد التي تتصل بمستقبل الطائرة.

من الواضح أن طائرات RC مزودة بهذه التكنولوجيا تساعد حقًا الطيار المبتدئ ، خاصةً إذا كنت تسير في طريق التدريس الذاتي (طائرات التحكم عن بعد بحاجة الى تدريب ليست كقيادة سيارات التحكم عن بعد !) .

لكن مع قول ذلك ، ربما كانت التكنولوجيا تخرج عن السيطرة. دعنا نواجه الأمر ، التدريب التقليدي على الطيران "الخالي من التقنية" يتضمن تعلم كيفية تحريك العصي بشكل صحيح وبالتنسيق مع الطيران. لكن الآن ، لا يزال على المبتدئين القيام بذلك ولكن عليه أيضًا فهم كيفية استخدام التكنولوجيا الجديدة وفقًا لذلك. حقًا ، على الرغم من أن التكنولوجيا ربما تكون قد جعلت حياة المبتدئ أسهل قليلاً على العصي ، إلا أنها لم تبسط اللعبة كثيرًا - خاصة بالنسبة لأولئك الذين لا يتمتعون بالدهاء التكنولوجي بيننا!

وإلى أي مدى سوف تذهب؟ في الواقع ، تأخذ بعض طائرات rc المبتدئين الأشياء خطوة أخرى إلى الأمام ويمكنها الهبوط بنفسها بضغطة زر واحدة. أنا شخصياً لست مؤيدًا لذلك ، حيث يجب تعلم الطيار الكثير من المهارات .

ما هو المهم في طائرة RC المبتدئين؟

أولاً وقبل كل شيء ، تصميم الطائرة مهم جداً للمبتدئين ؛ عند تعلم الطيران بطائرة تحكم لاسلكية ، فأنت بحاجة إلى طائرة ذات خصائص طيران مستقرة ومتسامحة - من الأفضل تهيئة هذا الجناح الرفيع على الرغم من وجود خيارات أخرى متاحة ، مثل نوع طائرة شراعية تعمل بالطاقة كما هو موضح أعلاه.

يُعد نوع المحرك أمرًا مهمًا أيضًا في الاعتبار ، وفي هذه الأيام ، تعمل غالبية طائرات المبتدئين في اتفاقية روتردام بالطاقة الكهربائية (EP) بدلاً من الاحتراق الداخلي (IC. EP)يعني الراحة وخفض التكاليف .

ربما يكون من العدل أن نقول إن غالبية القادمين الجدد إلى هواية الطيران التي تتحكم في الراديو يبدأون بالفعل بطائرة EP ، لكن هناك بعض المدربين الذين يستخدمون IC. مثل هذه الطائرات ليست واضحة ومناسبة مثل الطائرات الكهربائية ، بسبب وجود المحرك والوقود .

هناك شيء آخر يجب مراعاته عند اختيار طائرة RC للمبتدئين وهي توفر قطع الغيار ، وكذلك مواد بناء الطائرة ، أي مدى قوتها .

يعد توفر قطع الغيار أمرًا مهمًا لأن الطائرة ستعاني قدرًا من الأضرار عاجلاً أم آجلاً ، كما أن القدرة على استبدال جزء غير قابل للإصلاح المعقول أمر مهم للطيران الآمن. لذلك ، عند التسوق في جميع أنحاء العالم ، تحقق من توفير قطع الغيار - العلامات التجارية مثل HobbyZone و ParkZone و E-flite تدعم جميع طائراتها بمجموعة كاملة من الأجزاء.

لقد تم الحديث عن عدد من القنوات (وظائف يمكن التحكم بها في الطائرة) في وقت سابق من هذا الدرس ، وهذا شيء يجب مراعاته. ثلاث أو أربع قنوات تمنحك طعمًا حقيقيًا للطيران على متن طائرة للتحكم في الراديو لا تذهب لأقل من ثلاثة إلا إذا كنت تريد فقط غمس أصابع قدميك في الماء دون تكلفة كبيرة.

الطاقة الكهربائية أو IC للمبتدئين؟

كما ذكرنا سابقًا ، لديك خياران - يمكنك الحصول او تصميم طائرة تعمل بالطاقة الكهربائية مثل تلك الموضحة أعلاه أو يمكنك الحصول على طائرة تعمل بالطاقة الاحتراق الداخلي. عادة طائرة IC لديها محرك اشتعال .

عادة ما يكون المدرب ذو الوهج الكهربائي هو أربع قنوات ، مثل التحكم في الخانقthrottle ، الجنيح ، المصعد والتحكم في الدفة. يصبح التعليم الذاتي أكثر صعوبة قليلاً بسبب الحاجة إلى معرفة ضبط المحرك وتشغيله بشكل صحيح. إن الانضمام إلى النادي سيساعدك كثيراً في هذا المجال - معرفة ومساعدة زملائه من الموديلات لا تقدر بثمن.

أيضا ، مع طائرة RC IC للمبتدئين ، يجب أن تضع في اعتبارك أنك ستنفق المزيد من المال. لا يمكنك ببساطة البدء في التحكم في الراديو الذي يطير بأقل تكلفة من المال باستخدام طائرة IC مقارنة بالطائرة EP. من المهم أن نضع في الاعتبار قرارك.

بغض النظر عن نوع المحرك ، إذا كنت جديدًا على هواية التحكم في الراديو ، فإن اختيار طائرة مصممة للمبتدئين يمكن أن يحدث فرقًا كبيرًا في استمتاعك الأولي بالهواية والنجاح فيها. من شبه المؤكد أن شراء طائرة متطورة ومحاولة تحليقها ينتهي بكارثة ، مما يجعلك تقضي وقتًا ممتعًا في هذه اللعبة الرائعة!

ربما لن تبدو الطائرة الأولى من طراز rc بالطريقة التي تريدها بالضبط ، لكن تعلم الطيران بأمان هو العامل الأساسي للتفكير. بمجرد أن تحصل على بضع ساعات من الخبرات الجيدة ، يمكنك بعد ذلك الانتقال إلى أشياء أكبر وأفضل.

انواع طائرات التحكم عن بعد



تختلف طائرات التحكم عن بعد ولها العديد من الخصائص والتكنولوجية المتوفرة , في هذا الدرس نعرض لكم الموديلات المتشعبة وبعض التفاصيل التي يجب ان تكون في الحسبان عن تصميم طائرات التحكم عن بعد .

- طائرات RC الكهربائية Electric RC airplanes

لا شك أن طائرات RC الكهربائية (Electric Power أو "EP") كانت مسؤولة عن جلب عدد كبير من الناس إلى جهاز التحكم في الراديو الذي يحلق هواية في السنوات الأخيرة ، ومن السهل معرفة السبب.

عندما بدأت في كتابة هذا الكتاب ، أصبحت الطائرات الكهربائية الجاهزة (RTF) متاحة فقط وبسعر معقول , فقط عدد قليل من الشركات كانت تنتجها على نطاق واسع والآن الشركات كثيرة وفي معظم دول العالم .

لكن الطاقة الكهربائية قد وصلت حقًا وأثبتت التكلفة المنخفضة والراحة النسبية لـEP المجمعة في حزمة الكل في واحد أنها لا تقاوم للمبتدئين , سرعان ما تعرف المصنعون على وجود سوق قوي ولم يستغرق الأمر وقتًا طويلاً بالنسبة للطائرات الكهربائية RTF مثل HobbyZone Super Cub الشهيرة الآن لتصبح منتجات راسخة في الهواية.

بالطبع ، هناك العديد من الشركات المصنعة الكبرى الأخرى التي تنتج الطائرات الكهربائية ، مثل Multiplex و Art-Tech و FreeWing و Great Planes على سبيل المثال لا الحصر.

تقدم طائرات EP من هذه الأسماء التجارية قيمة كبيرة وجلبت عددًا لا يحصى من الأشخاص إلى هواية التحكم في الراديو ؛ الأشخاص الذين ربما لن يزعجوا إذا كانت قوة IC (الاحتراق الداخلي) هي الخيار الوحيد.

- قوة الكهرباء

في الأيام الأولى من EP (قبل الإنتاج الضخم) ، كانت الطائرات الكهربائية ضعيفة. كانت المحركات المصقولة وعلب التروس ضعيفة التقنية ، إلى جانب بطاريات النيكل والكادميوم الثقيلة. كل ذلك تم إعداده باستخدام مجموعة نقل حركة ضعيفة ، مما أدى إلى أداء رديء في الرحلة.

ولحسن الحظ ، فقد ولت تلك الأيام وأصبحت طائرات EP الآن في النقطة التي يمكن أن تتطابق - حتى تتجاوز - مع طائرة تعمل IC من حيث أوقات الرحلات الجوية والأداء. على سبيل المثال ، تم تبديل أعضاء فريق RC Aerobatic Team في المملكة المتحدة إلى الطاقة الكهربائية الآن!

لقد تجاوزت الطاقة الكهربائية في هواية التحكم في الراديو كل التوقعات ، فلا شك في ذلك.

هذه هي شعبية الطاقة الكهربائية الآن ، حتى أن بعض المصنّعين أخذوا مدربي IC الأكثر شعبية وقاموا بتحويلهم إلى طائرات كهربائية جاهزة للطيران.

أصبح العديد من المدربين المفضلين على 4 قنواتRTF IC متاحين كإصدارات كهربائية ، مثالان على ذلك هما E-flite Alpha 450 و HobbiCo NexStar Select EP ، على الرغم من توقف كلاهما الآن. وكان كل من هذه الطائرات أداء مشابها لأبناء العم IC.

في الصورة اليسرى، تم تصميم Edge Edge 540 60 بوصة محرك IC ، لكن تم تحويلها إلى طاقة كهربائية. هذا النوع من تحويل EP أصبح شائعًا للغاية الآن ، ومرة أخرى يظهر فقط مدى تقدم الهواية في الآونة الأخيرة إن إعادة عقارب الساعة إلى الوراء لبضع سنوات فقط ، وكان تحويل هذه الطائرة إلى طاقة كهربائية واقعية صراعًا حقيقيًا ومكلفًا للغاية.



المحركات الكهربائية ، كما ذكرنا سابقًا ، حولت هذه الهواية وأدت الثورة الإلكترونية المستمرة إلى إنتاج طائرات RC أصغر .

بشكل عام ، الأكبر هو الأفضل عند تعلم الطيران RC (حتى نقطة ...) ولكن طائرات RC الصغيرة اليوم قد أحدثت تأثيرًا كبيرًا على الهواية.

واحدة من أكثر الطائرات شعبية للتعلم عليها هي لعبة HobbyZone Champp التي باعت آلافها. ، في الصورة اليسرى ، عبارة عن طائرة من ثلاث قنوات ذات جناحيها 16 بوصة فقط. على الرغم من أن التاريخ قديم بعض الشيء ، من حيث طائرات micro rc ، إلا أنها لا تزال مستمرة في البيع بشكل جيد وتقديم منشورات جديدة للهواية.


The famous Hobbyzone Champ

إذا كانت ميزانيتك ضيقة ومساحة الطيران الخاصة بك محدودة الحجم ، فمن المؤكد أنها خيارك لبناء مثلها .



في الطرف الآخر من المقياس ، يمكن شراء محركات كهربائية كبيرة بما يكفي لتشغيل طائرات RC كبيرة الحجم ، لذلك ليس هناك حد لما يمكن تحقيقه باستخدام الطاقة الكهربائية في هواية الطيران RC هذه الأيام. تخيل كم يجب أن تكون الطائرة لاستخدام محرك كهربائي مثل هذا الموضح!

ومع توفر الكثير من طائرات EP هذه الأيام ، فإن اختيار طراز مناسب يحتاج إلى بعض الاهتمام , ملاحظات عند اختيار/تصميم طائرة RC الكهربائية إليك بعض هذه الأفكار التي يجب أن تتذكرها عند اختيار/تصميم أول طائرة rc الكهربائية:

- إن الطائرات ذات التصميم العالي الجناح (أي أن الجناح يقع أعلى جسم الطائرة) تجعل دائمًا أفضل ما يمكن تعلمه بسبب ثباتها الطبيعي في الهواء.
- تعد طائرة Ready To Fly RTF (جاهزة للطيران) أفضل بكثير إذا لم يكن لديك أي خبرة.
- القياس يهم! الطائرة التي يبلغ طول جناحيها من 30 إلى 50 بوصة هي الحجم الأمثل للتعلم. أصغر بكثير وسيكون لديك مشكلة في رؤية ما تقوم به ، أكبر بكثير ويمكن أن يكون الكثير من الصعوبة . ومع ذلك ، فإن الطائرات الصغيرة الحجم لها مكانها للمبتدئين ، خاصة إذا كنت مقيدًا بحجم و / أو ميزانيتك الخاصة بمنطقة الطيران.
- تحقق من توفر قطع الغيار قبل الشراء - ستحتاج إليها في وقت ما أو آخر. جزء الاستبدال الصحيح هو خيار أكثر أمانًا من الإصلاح الجسدي.
- اختر طائرة RC متينة وقابلة للإصلاح بسهولة بعد ضرر بسيط ؛ على سبيل المثال ، طائرات foam أكثر صرامة وأسهل في الإصلاح من طائرات البلسا الخشبية balsa wood .

- عدد القنوات مهم. الخيارات الشائعة هي 3 أو 4 ، مع كون الطائرات ثنائية القناة طائرات لعب أكثر من أي شيء آخر. القناة هي وظيفة يمكن التحكم بها في الطائرة ، وأساسا 3 قنوات يجعل التعلم أسهل ، ولكن 4 تعطيك أكثر متعة.

▪ طائرات الغاز (Gas RC airplanes (glow / nitro

اختيار لمحبي المحركات ! , غالبًا ما يكون المصطلح "غاز" عامًا يستخدم لتغطية جميع أنواع طاقة الاحتراق الداخلي ، لكن هذه الدرس تشير بشكل أساسي إلى أكثر أنواع الوهج شيوعًا أو الطائرات التي تعمل بالطاقة "نيترو". فإن كلمة الغاز تشير عادة إلى البنزين gasoline .

ولكن مع ذلك ، فإن خصائص طائرة IC متشابهة جدًا ، بغض النظر عن نوع الوقود الدقيق والمكان الذي تتواجد فيه في العالم!

قبل أن تصبح الطاقة الكهربائية السائدة ، شكلوا غالبية الطائرات الموجودة في متوسط مجال نادي طائرات rc. على الرغم من أن الغالبية العظمى من الطائرات لا تعمل الآن ، إلا أنها تميل إلى أن تكون أكثر تقييدًا على مواقع الأندية لمجرد أنها ليست مناسبة للطيران في الأماكن العامة مثل المتنزهات ، بسبب مشاكل الضوضاء.

▪ طائرات RTF RC

تقدم طائرات RTF RC (Ready To Fly) للمبتدئين الخيار الأسهل والأسرع والأرخص في كثير من الأحيان للبدء في هذا التسلية المبهجة.

يمكن أن تكون الطائرات الجاهزة للطيران مدعومة من IC (الاحتراق الداخلي) أو ، بشكل أكثر شيوعًا ، الطاقة الكهربائية (EP).

مهما كانت ، فإن RTF لا تحتاج إلى أي أعمال بناء أو تركيب تم القيام بها لهم لتحلق بها ، فقط بعض مواد التجميع النهائية الأساسية للغاية مثل ربط الجناح بجسم الطائرة ومعدات الهبوط في مكانها.

بعد قولي هذا ، فإن طائرات RTF الصغيرة الأصغر حجمًا - مثل الطائرات Ultra Micro ™ - يتم تجميعها تمامًا نظرًا لأن جناحها يبلغ حوالي 16 بوصة فقط ، والكثير منها صغير بدرجة كافية لتناسب الصندوق.



لقد أدخلت طائرات RTF rc طائرات آلاف الأشخاص إلى هواية التحكم في الراديو ، حيث أصبحت متوفرة على نطاق واسع وبأسعار معقولة وشعبية.

إن اكتمال طائرات RTF RC الكهربائية يعني أن الشيء الوحيد المتبقي للمشتري هو بطاريات جهاز الإرسال ، ولكن هناك شركات تصنيع تقدم عملية شراء كاملة بصندوق واحد تشمل البطاريات. مع نظام التحكم اللاسلكي الخاص بها , ولكن تأتي طائرات BNF مع جهاز استقبال متوافق مع DSM2 / DSMX مثبتًا بحيث يكون كل ما تحتاجه هو جهاز إرسال متوافق ، في حين لا تأتي طرازات PNP مع أي جهاز استقبال على الإطلاق - فقط مثبتة على المحرك و ESC والأجهزة. مع طائرات PNP ، يمكنك استخدام أي معدات راديو يمكنك وضع يديك عليها أي

أنك غير مرتبط بأي علامة تجارية محددة. بخلاف معدات الراديو ، هذه الطائرات هي بالضبط نفس طائرات RTF rc - فقط سعرها مختلف.

- طائرات ARF RC

تُعد طائرات ARF rc خيارًا رائعًا إذا كنت تبحث عن مقدمة سهلة لبناء وتجميع طائرة التحكم الراديوية التقليدية , يرمز ARF إلى Almost Ready to Fly (يُسمى ARF أيضًا ARTF في بعض البلدان) وتتشابه كل هذه الطائرات من حيث اكتمالها ؛ يتم بناء الطائرات وتغطيتها بالكامل تقريبًا ، وتتعلق غالبية الأعمال التي يتعين عليك القيام بها بمعدات التحكم في الراديو وتركيب المحرك - المحرك (عادةً ما يتم شراؤه بشكل منفصل).

تُظهر الصورة أدناه طائرة ARF نموذجية عند شرائها :



ارتفعت شعبية طائرات ARF RC في السنوات الأخيرة ، ويعكس هذا العدد عددًا كبيرًا من ARF في السوق ، من عدد متزايد من الشركات المصنعة.

تتنوع الجودة بين الشركات المصنعة ، لذلك يجدر إجراء بعض الأبحاث الجادة قبل الشراء (منتديات الإنترنت ، ومواقع الفيديو ، إلخ) ، لكن أسماء مثل Seagull و Hanger 9 و Black Horse و Great Planes على سبيل المثال لا الحصر ، علامات تجارية مشهورة جدًا تنتج ARF rc عالية الجودة .

بصرف النظر عن التثبيت الواضح IC /EP ، فإن الأشياء الأخرى التي قد تحتاج إلى القيام بها لإكمال طائرة ARF من المحتمل أن تكون:

- تركيب معدات الهبوط landing gear
- الذيل والزعانف tail plane and fin
- تركيب خزان الوقود (إذا كان IC) وتركيب البطارية (اذا كان EP)
- تركيب عناصر الأجهزة الطرفية الأخرى
- محركات السيرفو servo
- Control surface hinges

ال (Control surface hinges) تختصر ب CA hinges في طائرات ARF تعني الاسطحة التي بها حواف fin, tail plane, wing و leading هم aileron, elevator, rudder إنها مهمة سريعة وسهلة ، يمكنك ببساطة تحريك المفصلة الجافة إلى الفتحة ووضع بضع قطرات من الغراء عليها. يجب أن يأتي الدليل الإرشادي الشامل مرفقًا مع المجموعة لتزويدك بإرشادات خطوة بخطوة بمساعدة صور واضحة. لذا ، حتى لو لم تكن لديك خبرة في تصميم النماذج أو كانت قليلة .

ربما يكون من العدل أن نقول إن نسبة أكبر من طائرات ARF كانت تعمل بالاحتراق الداخلي (IC - قابس التوهج ، البنزين وما إلى ذلك) في الأيام الأولى لمجموعات ARF المصنعة ، لكن الطاقة الكهربائية في الوقت الحاضر أصبحت شائعة بنفس القدر ، إن لم يكن أكثر من ذلك.

▪ طائرات Micro RC



كان التفكير في طائرة من هذا الحجم يتم التحكم فيه بالراديو حلمًا مستحيلًا! مع مرور الوقت ، تلاقت هذه طائرة الصغيرة هنا وهناك - وهو جهد محلي من قِبل بعض صانعي الطائرات الأذكياء الذين تمكنوا من تحقيق الحلم - لكنهم كانوا نادرين جدًا.

لقد تغيرت الأمور منذ وقت طويل ، خلال العقدين الأخيرين ، وبفضل التطورات الإلكترونية الكبيرة التي تحققت في السنوات الأخيرة ، أصبحت الطائرات الصغيرة الحجم من طراز **Micro RC** شائعة.

وهي ليست طائرات rc مزودة في قناة واحدة فقط - إنها طائرات 3 أو 4 أو حتى 5 قنوات. يمكن أن يكونوا نفاثات (jets) ! حتى الطائرات الصغيرة متعددة المحركات يمكن بناؤها بسهولة هذه الأيام.

لقد نجح العديد من المصنّعين في إنتاج طائرات صغيرة من طراز rc على مر السنين ، مثل هذه الطائرات المصغرة مصنوعة من foam وتباع بشكل رئيسي كحزم جاهزة للطيران (RTF) ، على الرغم من أن BNF Bind-N-Fly متاحة للطيارين من طائرات RC المتوسطة الذين لديهم بالفعل جهاز إرسال خاص بهم.

تختلف الطائرات في كول الأجنحة 16 بوصة وهي صغيرة بما يكفي ليتم تجميعها بالكامل في صندوق قوي , تتوفر الطائرة على نطاق واسع الآن وتتكلف عادة حوالي 100 دولار (70 دينار اردني – عملة 2019) أو نحو ذلك ، مما يجعلها في متناول الجميع.

هل طائرات RC الصغيرة للمبتدئين؟

حسنا ، الجواب القصير هو **نعم** و**لا !** , لانها يمكن انا تأتي بالعديد من القنوات .

شيء جيد آخر عن تعلم الطيران بالطائرة بهذا الحجم هو أن كتلته المنخفضة تعني أنها أقل عرضة للمعاناة بشكل سيء في حادث تحطم طائرة. بالطبع ، يمكن أن يحدث ضرر في أي حادث ، لكن الطائرات الصغيرة الحجم من طراز rc لا تملك الكثير من الجمود وبالتالي فهي تحمل القليل من الزخم. لذلك عندما يصطدمون تحظى بفرصة جيدة للارتداد بدلاً من الانهيار .

اضافةعلى ذلك ، يمكن نقل طائرات RC الصغيرة في مناطق أصغر وهو أمر مفيد إذا كانت مساحة الطيران الخاصة بك محدودة الحجم.

ولكن هناك سلبيات لتعلم الطيران مع شيء بهذا الحجم. بشكل عام ، يكون الحجم الأكبر أفضل عند تعلم الطيران بطائرة مراقبة لاسلكية لعدة أسباب وجيهة :

الأول هو أن الطائرة الأكبر يسهل رؤيتها (نوع من الوضوح). عندما تتعلم الطيران ، فأنت لا تريد أن تطير بطائرتك بالقرب منك ، وكلما زاد حجمها ، أصبحت أبعد ما تكون عنك دون التسبب في الكثير من مشكلات الارتباك. تصبح طائرة micro rc صغيرة جدًا بسرعة كبيرة بمجرد بدء الطيران بعيدًا عنك ، وقد يؤدي ذلك إلى جميع أنواع المشاكل.

السبب الثاني هو أن طائرة RC أكبر أثقل ، وأن الكتلة الإضافية تعني أن الطائرة ستكون أكثر استقرارًا في الهواء. بمعنى آخر ، لن تتأثر سلبًا بعنف الرياح وما شابه.

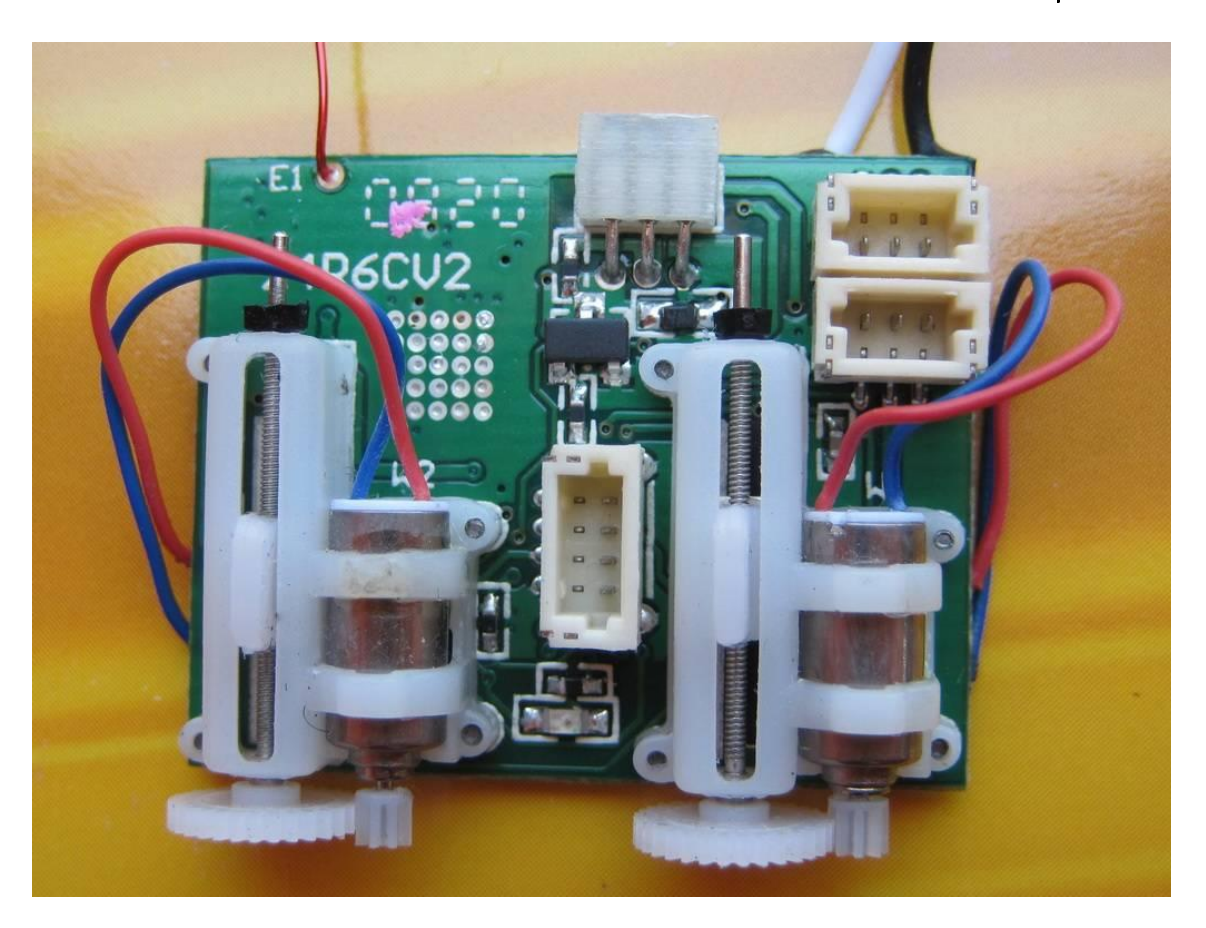
- طائرات RC الصغيرة الحديثة – ما تحت غطاء المحرك

أصبحت المكونات الكهربائية التي كانت ذات يوم صعبة ، إن لم تكن مستحيلة ، متاحة على نطاق واسع. كما تغيرت طبيعة هذه المكونات الضرورية لطائرة micro rc - حيث قبل الحاجة إلى جهاز استقبال منفصل ، والتحكم في السرعة ومضاعفات الخدمة الآن ، يمكننا شراء tiny PCB صغير يضم كل شيء!

سلسلة Spektrum's AR6400 تحتوي على receiver/**ESC**/servo لقد قادت منذ فترة طويلة الطريق في تكنولوجيا طائرة micro rc ذات الأسعار المعقولة ، ويعني الاختيار المتاح أن هناك وحدة لكل نوع من أنواع الطائرات الصغيرة والصورة ادناه تبين القطعة .

هناك خيار بديل لشراء المكون الجديد وهو شراء طائرة Ultra Micro rc مستعملة واستخدامها قم بتصفية الأجهزة الإلكترونية ، بما في ذلك المحرك ، وحصلت على صفقة حقيقية. في الواقع

، هناك الآن مجموعات balsa من طائرات RC الداخلية التي تم تصميمها حول مكونات Spektrum ،



ولكن ، بالعودة إلى هبوب الرياح المذكورة أعلاه ، كان هناك تطور ملحوظ في تكنولوجيا الطائرات الصغيرة rc ، وهذه هي تقنية التثبيت التلقائي. مرة أخرى ، تمكنت Horizon Hobby من الوصول إلى هنا من خلال تقنية AS3X ™ المدمجة الآن في معظم طائرات UMX الخاصة بها.

يرمز AS3X إلى "الثبات الصناعي ، 3 محاور" ويعمل على تخفيف أي تقلبات في سطح التحكم ناتجة عن ، في المقام الأول ، هبوب رياح. لا تتداخل مع مدخلات التحكم للطيار ، لكنها تعمل باستمرار لتقليل تأثير هبوب الرياح على الطائرة.

والنتيجة النهائية هي خصائص الطيران الأكثر سلاسة ، والتي تشبه إلى حد كبير خصائص الطائرة الأكبر والأثقل.

لذلك مع هذه التكنولوجيا ، لن يشعر الطيار بأي اختلاف في الاستجابة لمدخلاته الطبيعية على عصي التحكم. ولكن أن هذه الطائرات لا يمكن حقًا نقلها بسهولة في أي رياح أقوى من ، قل 5 ميل في الساعة أو نحو ذلك.

- البطارية الصغيرة Micro cell power

من أجل الطاقة ، تستخدم الطائرات الصغيرة عادة خلية Li-Po واحدة (S1) مثل تلك الموضحة في الشكل عاليسار تم تبنيها من قبل غالبية الشركات المصنعة المنتجة لطائرات RC الصغيرة (الطائرات والمروحيات) وعلى الرغم من أن السعة صغيرة بشكل مفهوم ، وعادة ما تكون أقل من 200 مللي أمبير في الساعة ، إلا أن الوزن الخفيف للطائرة الصغيرة النموذجية يعني أن أوقات الرحلات تصل إلى عشر دقائق.



إذا كنت تمتلك طائرة تستخدم هذه الخلايا ، فيجب عليك شراء خلايا متعددة وشاحن يمكنه شحن أكثر من خلية واحدة في وقت واحد ، مثل شاحن Celectra 4-Port الموضح أدناه:



بالتأكيد تستحق هذه الطائرات التفكير ، خاصة إذا كانت ميزانيتك ضيقة وإذا كانت منطقة الطيران الخاصة بك صغيرة. حجمها يجعلها الإجابة المثالية إذا كانت مساحة الطيران الخاصة بك محدودة الحجم ، أو إذا كنت تريد تجربة الطيران الداخلي.

ساعدت الطائرات الصغيرة العديد من المبتدئين في ممارسة الهواية ، والطائرات المجهزة AS3X تقلل صعوبة منحنى التعلم قليلا. وإذا لم تكن مبتدئًا ، فإن امتلاك طائرة صغيرة من طراز rc في قائمة طائراتك أمر ضروري تقريبًا - فقط لعامل المتعة.

- طائرات الطيور الحربية RC warbirds



فقط لماذا هي طيور الحرب RC شعبية جدا؟ إنه سؤال سهل للإجابة عليه ؛ إن المظهر والكاريزما وخصائص العديد من الطائرات المقاتلة الكلاسيكية تجعلها ببساطة موضوعات تحكم راديو مثالية ، والطيور الحربية دائما تحظى باهتمام على خط الطيران.

إذا لم تكن معتادًا على كلمة warbird ، فهذا اسم عام يُعطى للطائرات بالحجم الكامل التي شهدت خدمة عسكرية تشغيلية.

يمكن أن تكون أي طائرة تم إنتاجها لمشاهدة أي نشاط في أي حرب ، لكن غالبية الطيور البحرية المقاتلة عادة ما تكون مقاتلة الحرب العالمية الثانية مثل P-51 Mustang و Supermarine Spitfire و Messerschmitt ME109 و Focke Wulf FW-190 و Vought Corsair F4U .

الطائرات مثل تلك المذكورة أعلاه لها تاريخ غني مرتبط بها ، وعلى الرغم من أن الطائرات بالحجم الكامل أصبحت الآن نادرة جدًا ، فقد خُلدت بطرق عديدة - بما في ذلك تصنيع طيور RC المقاتلة!

هناك مجموعة جيدة من RC warbirds للاختيار من بينها في هذه الأيام ، ويمكن شراؤها في كل شكل ممكن ؛ kit، ARF، RTF، gas، electric ... وهي تتراوح من طائرات بسيطة ثنائية القناة إلى الطائرات الضخمة التي استغرقت شهورًا وشهورًا (حتى سنوات) للبناء.

البعض يبدو وكأنه طائرة حقيقية قد تقلصت بشكل سحري ، وهذا هو مستوى عال من التفاصيل في الصناعة.

هل طائرات RC warbirds للمبتدئين ؟

في الحقيقة لا , بشكل عام ، تطير الطيور الحربية بشكل أسرع وليست مستقرة تمامًا مثل الأجنحة العالية ؛ يعني هذا المزيج أنه إذا حاولت الطيران مع warbird بدون تجربة طيران مسبقة للتحكم اللاسلكي ، فمن المحتمل أن تواجه صعوبات. من الأفضل أن تتعلم على متن

طائرة مبتدئة ، ثم تنتقل إلى طائر الحرب كطرازك الثاني أو الثالث ، بمجرد حصولك على ساعات طيران مبتدئة .

بعد قولي هذا ، يمكنك الآن شراء المزيد من الطيور الحربية الصديقة للمبتدئين المجهزة بتقنية SAFE ™ وتعمل بفعالية على جعل تعلم الطيران بطائرة من طراز rc أسهل - حتى طائرة الحرب.

بكل المقاييس ، إنها طائرة صغيرة جيدة ، ما زلت أعتقد أنه من الأفضل أن تتعلم على طائرات التدريب التي سبق ان تحدثنا عنها ، والانتقال إلى مثل هذه الطائرة - مع أو بدون تكنولوجيا مفيدة .

PTS تعني نظام المدرب التدريجي Progressive Trainer System وقد تم تصميم war warbird مع وضع المبتدئين في الاعتبار ؛ تم تصميمه بميزات معينة تجعله قادرًا على إبطاء سرعة الطيران وخصائص طيران أكثر استقرارًا ، تمامًا مثل طائرة تدريب RC التقليدية.

يعد Hanger 9 PTS P-51 خيارًا جيدًا للغاية إذا كنت تبحث عن الوصول إلى طائرات RC التي تعمل بنظام IC ، وتريد أن تبدأ بطائرة حربية. على الرغم من ذلك ، لا تنخدع ، فهذه ليست طائرة من طراز rc "السهلة" - لا تزال بحاجة إلى تعليمات جيدة ومعقولة مع هذه الطائرة النموذجية.

- طائرات الطفو RC floatplanes



إذا كان لديك إمكانية الوصول إلى بحيرة أو نهر واسع بطيئ ، فإن طائرات RC ذات الطوافة يمكن أن تمنحك تجربة طيران للتحكم اللاسلكي الأكثر تحديا .

يتم توفير دعامة أكبر مع مجموعة تعويم. عندما تحلق بحاجة الى مزيد من الدفع للتغلب على الوزن الزائد ، وخاصة السحب الذي تخلقه العوامات - ليس فقط من خلال الماء ولكن في الهواء أيضًا.

- الاقلاع والهبوط

الفرق الأساسي بين طائرات rc التقليدية (والطائرات البحرية) والطائرات البرية يأتي في مقدار السحب الذي تواجهه.

عند الإقلاع ، تصطدم طائرات rc الأرضية بالسحب القليل جدًا عند التدحرج على طول الممر.

لكن طائرات RC floatplanes العائمة تواجه الكثير من السحب drag حيث تحاول الطائرة قطع التوتر السطحي للمياه , مقدار السحب ضخم نسبيًا إلى أن تبدأ الطوافات مغادرة سطح الماء و "تحلق" الطائرة عبر السطح حتى يتم نقلها جواً.

عندما يكون الجزء الأكبر من البدن في الماء ، يكون هناك جر مفرط excessive drag ، والذي يتناقص بدرجة كبيرة مع تسارع البدن فقد تحتاج إلى القيام بعملية الإقلاع بالتوازي مع خط الأمواج .

مع زيادة السرعة ، يجب أن تكون قادرًا على تقليل المصعد قليلاً قليلاً وترك الطائرة تترك الأمواج ، إذا جاز التعبير. بمجرد الوصول إلى سرعة الإقلاع ، دع الطائرة ترفع برفق عن الماء بكمية صغيرة وحافظ على تسلق سلس ولطيف من البحيرة.

إن الهبوط بطائرة بالطائرة المائية على الماء ليس بالأمر الذي تريد أن تخطئ فيه , إن حيلة الهبوط بطائرة rc ا على الماء هي محاولة الهبوط على التوازي على طول الأمواج ، وليس عموديًا عليها. هذا يقلل من فرصة انقلاب الطائرة رأسا على عقب داخل الماء .

عند هبوط طائرة تعويم RC ، يجب أن تأتي ببطء قدر الإمكان حتى تلمس العوامات المياه بلطف قدر الإمكان , لهذا السبب ، من المهم للغاية أن تكون مدركًا لسرعة سقوط طائرة RC في الماء.

ومن النقاط الأخرى التي يجب الإشارة إليها أنها فكرة جيدة أن يكون هناك نظام لاستعادة الطائرة في مكان ما ، إذا وجدت طوافتك عالقة في وسط البحيرة يعتبر قارب التحكم اللاسلكي مثاليًا لهذا الغرض.

- طائرات الهيلكوبتر helicopter RC



قديما كان شراء طائرة هليكوبتر للتحكم في الراديو وطيرانها هواية باهظة الثمن ، ولم تكن المروحيات الكهربائية البسيطة موجودة. للأسف ، طائرة هليكوبتر من طراز RC كانت بعيدة عن متناول يدي آنذاك .

في أواخر التسعينيات من القرن الماضي ، بدأ إيكاروس بيكولو Ikarus Piccolo في الظهور في متاجر الهوايات وكان أول طائرة هليكوبتر كهربائية جاهزة , كانت نموذج ذو 4 قنوات ثابتة (FP) وعلى الفور حظيت فرصة تسويقية هائلة .

منذ ذلك الحين أصبحت طائرات الهليكوبتر الكهربائية ذات التيار الكهربائي السائد حقًا ، ولم يعد العثور على مروحية مبتدئين مناسبة أمرًا صعبًا على الإطلاق - في الواقع ، تبيعها معظم متاجر الألعاب هذه الأيام , وانخفضت الأسعار بشكل كبير مقارنة بأيام بيكولو المبكرة.

- أنواع طائرات الهليكوبتر المبتدئين

غالبية طائرات الهليكوبتر rc المبتدئين هي من مجموعة متنوعة المحاور mCX coaxial variety مثل mCX2





من شكل الطائرة اعلاه نلاحظ أن لديهم مجموعتين من المراوح الرئيسية ، واحدة مثبتة فوق الأخرى. تدور المراوح في اتجاهين متعاكسين مع بعضهما البعض وتلغي أي عزم دوران تفاعلي torque (قوة طبيعية تم إنشاؤها بواسطة جسم دوار) يتم إنتاجه بطريقة أخرى بواسطة دوار رئيسي واحد. إذا لم يكن هناك عزم دوران ، فلن تكون هناك حاجة إلى دوار خلفي tail rotor على المروحية ، مما يجعل تعلم الطيران أسهل.

لذلك تعد طائرات الهليكوبتر المحورية RC ، مثل mCX2 ، من الآلات المستقرة للغاية بطبيعتها ومنحنى التعلم سهل .

Single rotor rc helicopters هي في العادة أصعب بكثير لإتقان الطيران بها , ربما المحاور (المراوح) لا تروق للجميع ببساطة بسبب المظهر الثنائي للدوار . الفرق الكبير الآخر بين هذين النوعين هو أداء الطيران وخفة الحركة في الهواء.

قد تبدو معدات التدريب قبيحة ولكنها جزء أساسي من أيام تحليقك بطائرة هليكوبتر مبكرة. إنها لا تقوم فقط بعملها الأساسي المتمثل في منع انقلاب المروحية وشفرات الدوار الرئيسية التي تضرب الأرض ، بل تعمل أيضًا على تثبيت المروحية في الهواء ، بفضل الكتلة الإضافية التي توفرها :



■ طائرات Jet RC



إذا كنت تبحث عن طائرات طراز أسرع ، فإن طائرات jet rc يمكن أن تمنحك الإثارة القصوى والاندفاع والكثير من الأدرينالين .

أصبحت طائرات المروحة التي تعمل بالكهرباء (EDF) شائعة في حقول الطيران لدينا في السنوات الأخيرة ، وهي توفر بوابة ممتازة لنفاثات طراز التوربينات الغازية gas turbine الأكثر خطورة.

ولكن هذه الطائرات التوربينية الحقيقية ، مع ذلك ، ليست للمبتدئين. إنها طائرة طرازات خطيرة للغاية يتعين عليك العمل بها بعد الحصول على قدر كبير من تجربة الطيران للتحكم في الراديو ، وكذلك قدر كبير من المال.

والخبر السار هو أن طائرات EDF jet rc تكون في متناول الجميع وأن الكثير منها واقعي بشكل مذهل ، مما يجعلها اختيارًا ممتازًا لأولئك الذين ليسوا في وضع يسمح لهم بتطوير نموذج التوربينات.

- نفاثات المروحة الكهربائية Electric Ducted Fan jets



إن طائرة E-flite F-16 EDF المبينة أعلاه هي مثال رائع على الطائرات النفاثة التي تعمل بالطاقة الكهربائية والمتاحة على نطاق واسع اليوم , هذا النوع من الطائرات هو أفضل مقدمة لتحليق الطائرات النفاثة الحقيقية (أي بدون مروحة roters). يستخدمون وحدة المروحة الكهربائية (EDF) كما هو موضح أدناه :



ال ducted fan هي وحدة تضم محركًا كهربائيًا وشفرات مزدوجة داخلية يقوم المحرك في تحريك الشفرات بسرعة عالية وتقاس ب وحدة (revs/minute) RPM أثناء الدوران ، يقوم الدافع بسحب الهواء عبر واحد أو أكثر من مداخل الهواء المواجهة للأمام في ال Jet ثم يندفع الهواء داخل انبوب أسطواني ويخرج من الجزء الخلفي من الطائرة.

يتم تشغيل وحدات EDF بشكل عام بواسطة محركات brushless motors عالية Kv (RPM عالية) وتحتاج إلى حزمة بطارية ليثيوم بوليمر ذات معدل تفريغ عالي السعة / التفريغ (Li-Po) بسبب التيار العالي الذي ترسمه.كما تحسنت التكنولوجيا ، زادت في عدد الشفرات . في حين أن 5 أو 6 من الشفرات كانت شائعة الآن ، أصبحت الدوافع 10 و 11 و 12 شفرة أكثر شيوعًا. هذه الزيادة في عدد الشفرات لا ينتج عنها فقط زيادة في عدد الدورات في الدقيقة ، ولكن أيضًا تخلق صوتًا أقرب إلى توربين الغاز ، بدلاً من أنين مزعج نوعًا ما.



لذلك استحوذت بالفعل الطائرات تانفاثة من طراز EDF في الآونة الأخيرة ، وزاد عدد منتجات RTF ذات الجودة العالية المتوفرة بشكل كبير باسعار معقولة .

لقد بذلت بعض الشركات المصنعة قصارى جهدها لإنتاج نماذج رائعة بتفاصيل رائعة مثل الطائرة المذهل Freewing Hornet F-18 الموضحة أدناه:



طائرات Foamie EDF من هذا القبيل ليست رخيصة وتحتاج إلى أن تكون طيارًا متوسطًا لتطير واحدة بأمان - وبعبارة أخرى ، فهي ليست كذلك بالنسبة إلى المبتدئين.

ولكن مع ذلك ، من المهم أن نعرف أن البدء في جهاز التحكم في الراديو الذي يحلق هواية من الصفر باستخدام طائرة EDF ليس بالأمر الحكيم. يتوجب عليك اكتساب تجربة طيران مع طائرة تدريب تقليدية هو ما يجب القيام به ؛ يمكن لسرعات الطيران الأسرع للطائرات أن تلاحق طيار RC المبتدئين.

بالنسبة للعديد من المنشورات ، تمثل طائرة rc تعمل بمحرك نفاث نموذجي حقيقي ذروة التحكم في الطيران ، ولكن كما ذكرنا سابقًا

1- الكثير من التدريب

2- ساعات لا نهاية لها من تجربة الطيران RC

3 - الكثير من المال!

حتى وحدة التوربينات الغازية ذات الحجم الأصغر يمكن أن تكلف مبلغًا من أربعة أرقام ، وذلك قبل أن تشتري الطائرة ، والراديو ، وجميع الملحقات الأساسية. لذا فإن نموذج المحرك المزدوج ، مثل Tomcat ، سيكلفك كثيرًا .

- طائرات gliders RC



يمكن للطائرات الشراعية RC ، والمعروفة أيضًا باسم الطائرات الشراعية sailplanes ، أن تقدم للمبتدئين مقدمة لطيفة جدًا عن هواية التحكم في الراديو ، ولكن يمكنها أيضًا أن توفر للطيار RC الخبير بعض الفرص البهلوانية والسباقات المذهلة .

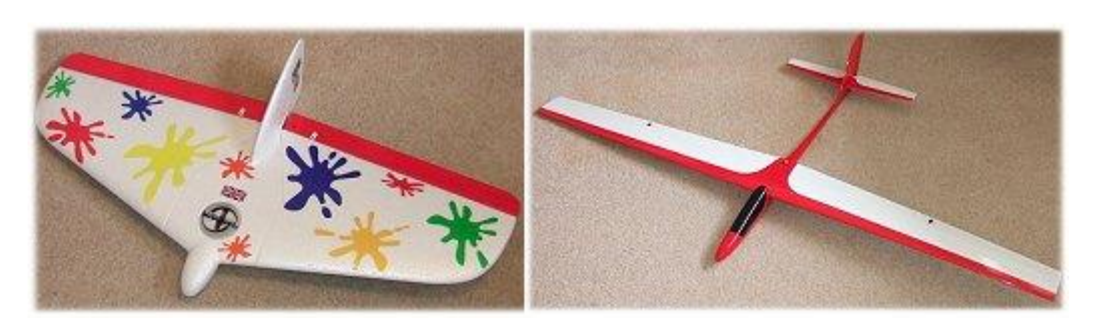
ولكن هل هناك فرق بين الاسمين؟

حسنًا ، من الناحية الفنية ، فإن طائرة شراعية glider هي أي طائرة بدون محرك قادرة على الطيران بدون طاقة ، حتى لو كانت على مسافة قصيرة. على سبيل المثال ، تمت محاولات الرجل المبكرة في رحلة جوية بطائرات شراعية بسيطة ، ولم يتجاوز طولها بضع مئات من الأقدام.

الطائرة الشراعية sailplane هي طائرة بدون محرك مصممة خصيصًا للأداء غير المستدام ، في المقام الأول باستخدام أعمدة من الهواء الدافئ (حراري) للحفاظ على الارتفاع. ولكن في الواقع ، وخاصة في هواية الطيران RC ، يستخدم كلا الاسمين عادة لوصف طائرة نموذجية بدون محرك.

أبسط الطائرات الشراعية RC gliders ممتازة لإدخال الجدد على هواية. غالبية طائرات شراعية RC التقليدية للمبتدئين عبارة عن 2 أو 3 قنوات ، مع التحكم في الدفة والمصعد والجنيح والمصعد أو الدفة والجنيح والمصعد. بالتقليدية أعني الطائرات الشراعية ذات الجناح والزعنفة والذيل الخلفي.

البديل هو نوع الجناح دلتا (أو "الجناح الطائر") وهذه هي شائعة لارتفاع المنحدر. عادةً ما تكون هذه الطائرات الشراعية ثنائية القناة فقط مع التحكم في كل من الجنيح والمصاعد للتحكم في الأسطح التي تسمى elevons.



لا يزال الطيران الشراعي ثنائي القناة ، على الرغم من بساطته ، ممتعًا للغاية على المنحدر ، خاصةً إذا كان لديه تحكم في الجنيح بدلاً من الدفة. إن التحكم في الجنيح يعني أنه يمكن دحر الطائرة الشراعية بسهولة أكبر ، مما يجعل الطائرة الشراعية أكثر طيرانًا ومرحًا.

يمكن للطائرات الشراعية RC الأكثر تطوراً والطائرات الشراعية الأكبر حجماً الحصول على مزيد من القنوات ، مع وجود أدوات تحكم إضافية للوحات ، وفرامل الهواء.

يمكن أن تكون طائرة شراعية RC من هذا النوع تجربة سلمية ومريحة للغاية. عادةً ما تكون سرعات الطيران لمثل هذه الطائرات أبطأ بكثير من سرعات الطائرات التي تعمل بالطاقة ، كما أن استقرارها يمنح الطيار الكثير من الوقت للرد. الطائرات الشراعية مثل Gentle Lady متسامحة للغاية في الهواء ولن تعاقبك على ارتكاب أخطاء بعصي التحكم .

- طائرات Drone RC



ربما يكون من العدل أن نقول إن "Drone" تابعة ل RC قد استولت على جهاز التحكم اللاسلكي الذي يحلق هواية عظيمة، وكان له آثار إيجابية وسلبية على الهواية.

ولكن ما هي الدرون ، وهل هناك طائرات درون طراز RC ، أم أنها جميعها معقدة للغاية؟

حسنًا ، إذا كنت تبحث عن تعريف رسمي للكلمة ، فسترى أن الطائرة بدون طيار هي طائرة بدون طيار يتم نقلها بشكل مستقل أي بدون أن يجلس طيار بشري في قمرة القيادة التي تتحكم فيها. بمعنى آخر ، إنها طائرة قادرة على الطيران من تلقاء نفسها إما عن طريق اتباع مسار رحلة مبرمجة مسبقًا أو عن طريق الاستجابة لمدخلات التحكم التي يتم إجراؤها بواسطة شخص مقيم في مكان ما بعيدًا عن الطائرة بدون طيار.

يشار إلى الطائرات بدون طيار أيضًا على أنها UAVs، أو المركبات الجوية غير المأهولة ، ولكن كلمة الطائرة بدون طيار أسهل في النطق ، وهذه هي الكلمة التي تم تبنيها ، ليس أقلها من قبل وسائل الإعلام العالمية عند الحديث عن مثل هذه الطائرات - سواء الطائرات بدون طيار بالحجم الكامل أو طائرات RC.

ومن الأمثلة الجيدة على طائرة بدون طيار بالحجم الكامل ريبر Reaper (المبينة أدناه) ، التي تستخدمها مختلف البلدان لأداء أدوار الاستطلاع والهجوم الجوي.



في عالم RC ، يستخدم اسم الطائرة بدون طيار Drone على نطاق واسع لوصف ما كان يعرف سابقًا باسم RC multicopters. اسم multicopter هو في الواقع اسم مظلة يغطي العديد من الطائرات متعددة الدوار ، على سبيل المثال (quadcopters (4 rotors وهكذا. وهذه الطائرات هي التي غيرت حقًا هواية التحكم في الراديو - ولكن للأفضل أم للأسوأ؟



حسنًا ، سأعترف بأن لدي مشاعر مختلطة حول طائرات بدون طيار drones من طراز RC. لبداية ، أنا شخصياً لا أحب اسم الطائرة بدون طيار. في كل مرة أسمعها ، أفكر في شيء مثل ريبر بدلاً من طائرة صغيرة ودية راديو تسيطر عليها. ولكن يبدو أننا يجب أن نتعايش مع الاسم ، لأن هذا هو الاسم الذي تجبرنا وسائل الإعلام - والآن الشركات المصنعة له - على تبنيه.

ثانيا ، الطائرات بدون طيار صاخبة مزعجة ! ليس الصغرى ، ولكن أكبر حجماً تبدو وكأنها سرب من مليون بعوضة تأتي إليك. هذا ينطبق بشكل خاص على أرخص من الشركات المصنعة الأقل شهرة.

صحيح أن طائرات بدون طيار RC drones يمكن أن تكون هادئة بشكل مدهش مع تركيب الشفرات الصحيحة ، ولكن هناك الكثير من الضجيج هناك.

الأهم من ذلك ، كره حقيقة أن طائرات بدون طيار Drone RC يبدو أنها تقضي على الجانب التقليدي للطائرة الافقية والمروحية للهواية. لقد اقتحمت للتو واستولت على المكان .

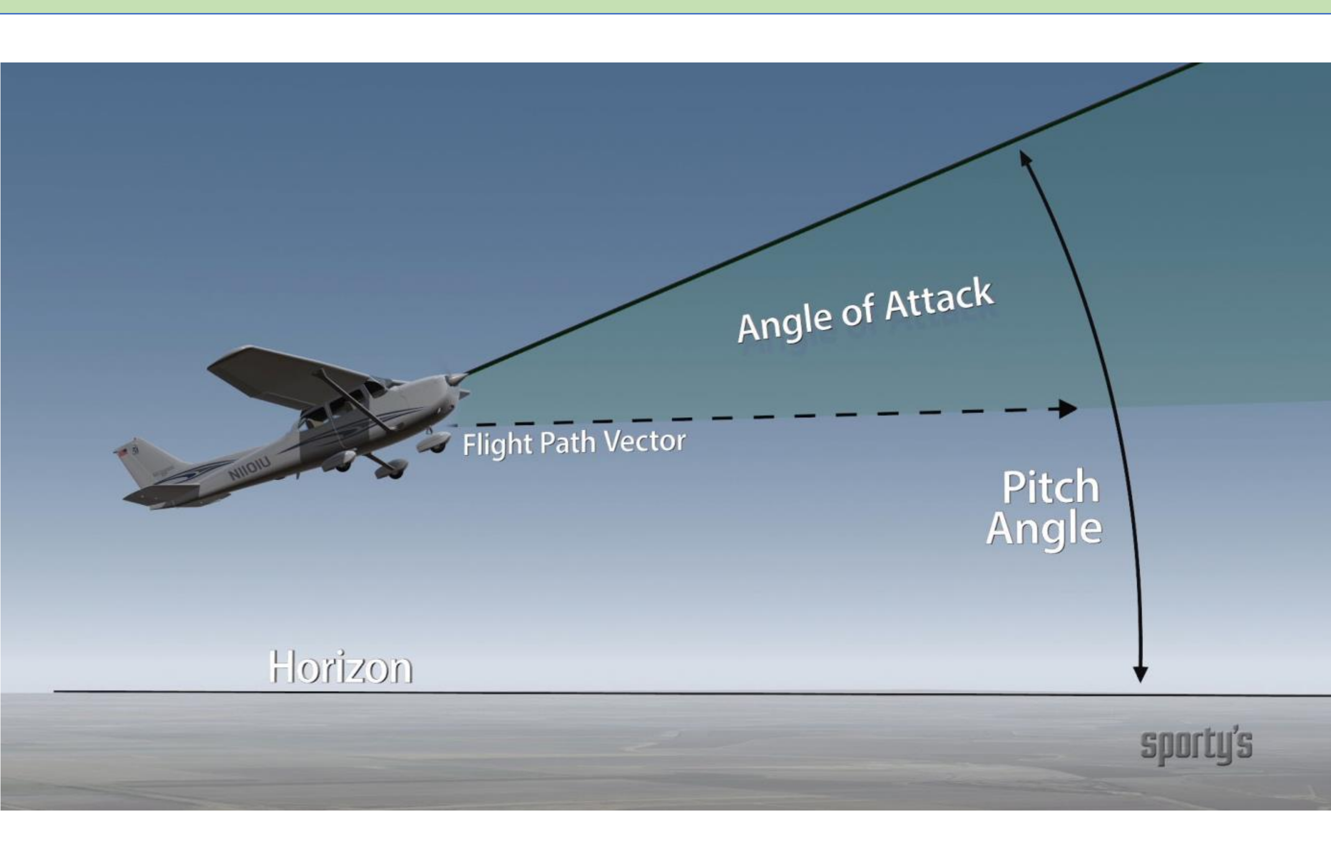
وتقوم الطائرات بدون طيار بإنشاء منصات كاميرا ممتازة ، سواء للاستخدام الشخصي FPV أو التصوير الجوي العام ، أو للاستخدام التجاري. ودعونا نواجه الأمر ، فالمقاطع التي تم التقاطها بوضوح من طائرة بدون طيار rc أصبحت الآن شيءًا يوميًا على شاشات التلفزيون لدينا ، بحيث يكون لها استخدامات مهمة وعملية للغاية. عندما كانت هناك حاجة لطائرة هليكوبتر بالحجم الكامل للحصول على لقطة معينة ، يمكن الآن لطائرة بدون طيار للتحكم في الراديو القيام بهذه المهمة بتكلفة بسيطة.

حسنًا ، الأشياء الإيجابية فيما يتعلق بالطيار الجديد - هي أنها تجذب انتباه الناس إلى هواية التحكم في الراديو العامة ، وهي سهلة الطيران. من السهل جدًا ، حقًا ، نظرًا لأن أي شخص يمكنه عمليا شراء واحدة ، فأخذها إلى المنزل وشحن البطارية ونقلها دون أي خبرة سابقة في التحكم في طائرة نموذجية



تقوم طائرة بدون طيار RC drones بتحركاتها نتيجة لاستجابة وحدة التحكم في الطيران الإلكترونية لمدخلات العصا. وبشكل أساسي جدًا ، يقوم جهاز التحكم في الرحلة بضبط سرعة المحركات المناسبة وفقًا لذلك ، وتؤدي التغييرات الناتجة في الاتجاه إلى تحريك الطائرة في الاتجاه المطلوب.

يمكن لطائرات RC drones الأكثر تقدمًا عكس اتجاهها الحركي في ثانية واحدة بواسطة وحدة التحكم في الطيران ، وهذه الميزة أصبحت أكثر شيوعًا مع تقدم الطائرات بدون طيار. إن عكس اتجاه المحرك يعني بشكل أساسي أن الطيران المقلوب المستدام ممكن , لقد تعرفنا على معظم انواع طائرات التحكم عن بعد التي صنعها العالم , والآن لنبدء رحلتنا في التعرف على قوانين وانظمة والكترونيات الطائرات لبناء طائرات خاصة بنا ! .



ان تصميم الطائرات هو عملية تكرارية. يعتمد التصميم على العديد من العوامل ، مثل طلب العملاء والشركة المصنعة ، وسلع الأمان ، والقيود المادية والاقتصادية وما إلى ذلك. إنه حل وسط بين العديد من العوامل والقيود المتنافسة وحسابات التصاميم الحالية ومتطلبات السوق لإنتاج أفضل الطائرات. يبدأ التصميم في ثلاث مراحل:

1 – التصميم النظري Conceptual Design

يتضمن ذلك رسم مجموعة متنوعة من التكوينات الممكنة التي تلبي مواصفات التصميم المطلوبة. يتم تحديد جميع الجوانب الأساسية مثل شكل جسم الطائرة ، وتكوين الجناح

وموقعه ، وحجم المحرك / حجم محطة توليد الكهرباء ونوعها في هذه المرحلة. تؤخذ جميع القيود المفروضة على التصميم في الاعتبار في هذه المرحلة.

2 - التصميم الأولي Preliminary Design

في هذه المرحلة ، يتم بعد ذلك تعديل تكوين التصميم الذي تم التوصل إليه في مرحلة التصميم النظري وإعادة تشكيله ليناسب معايير التصميم. كما يتم إجراء التحليل الهيكلي والتحكم الرئيسي في هذه المرحلة. العيوب الديناميكية الهوائية وعدم الاستقرار الهيكلي إن وجدت ، ويتم تصميمها ووضعها في صيغتها النهائية.

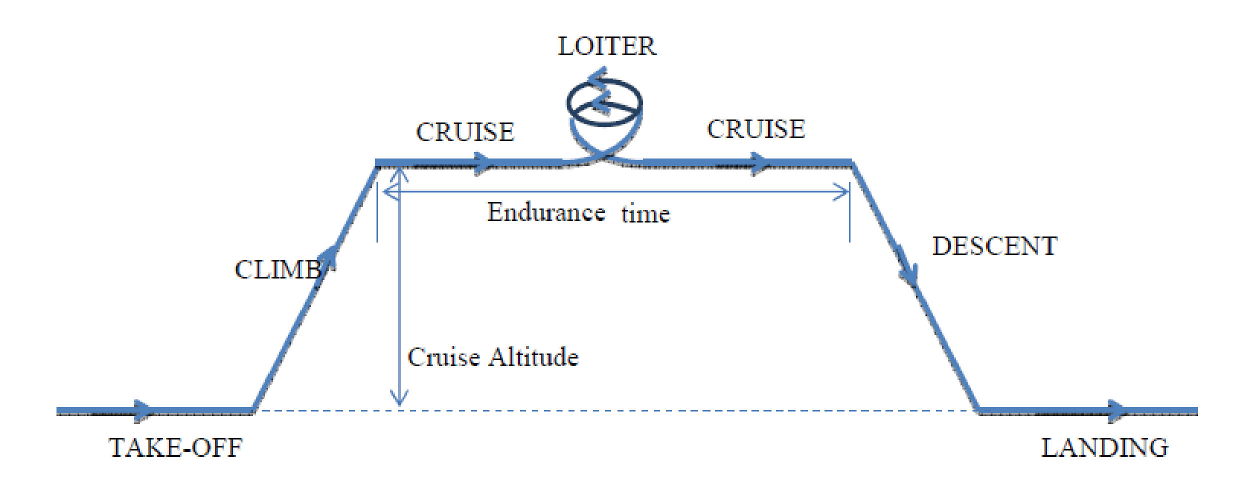
3 - رسم تفصيلي Detail Design

تتعامل هذه المرحلة مع جانب تصنيع الطائرة. إنه يحدد عدد وتصميم وموقع الأضلاع ، الساريات etamines the number ، المقاطع والعناصر الهيكلية الأخرى. تمت تغطية جميع الجوانب الديناميكية والهيكلية والدفعية والتحكم والأداء في مرحلة preliminary design.

والهدف من ذلك هو تصميم نموذج طيران لطائرة مصغرة تهدف أساسًا إلى القيام بمهام مثل الاستطلاع / المراقبة. أكثر الطائرات شيوعًا ، أي الطائرات التي يتم التحكم فيها عن بُعد ، لها تطبيقات متعددة مثل التطبيقات العسكرية والتنبؤات الجوية والمسح الطوبولوجي topological والاستطلاع والترفيه ... إلخ

تتمثل خطة الفريق الأساسية في تصميم للمراقبة في مناطق الغابات لتتبع حركات الحياة البرية ودراسة أنماطها المعتادة من خلال البيانات التي يتم جمعها. طائرة المراقبة يمكن أن يكون أيضا تستخدم لالتقاط أنشطة الصيد غير المشروع في منطقة المحمية مثلا .

بشكل عام ان تصميم اي طائرة RC لتحقيق غرض يكون محدد حسب المخطط التالي والذي يسمى ب Mission profile for the RC model :



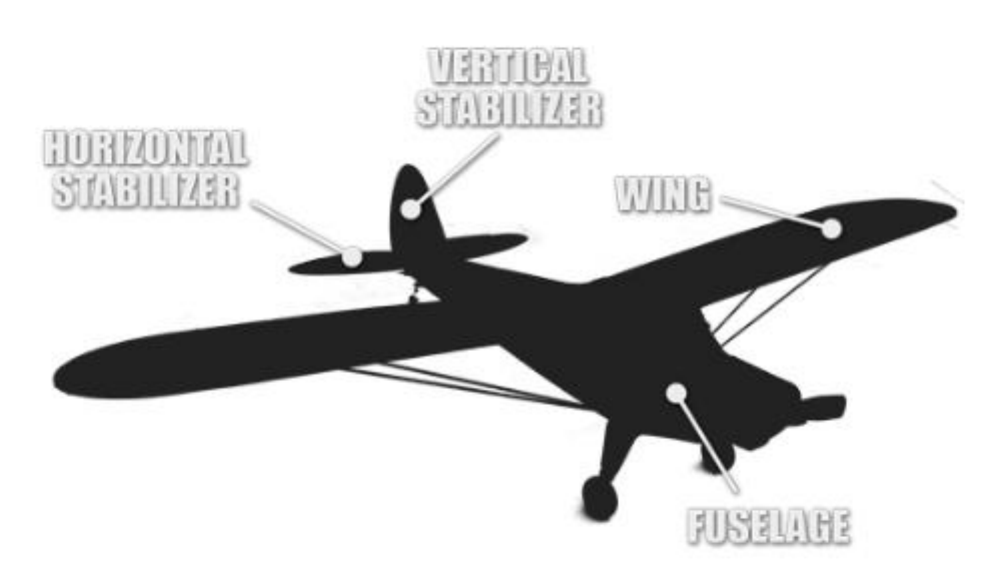
علما ان :

TAKE-OFF	عملية اقلاع الطائرة احيانا نحتاج الى مدرج واحيانا لا حسب نوع طائرة ال RC
CLIMB	الصعود بعض الطائرات محكومة في درجة الصعود ويرجع ذلك حسب تصميم الطائرة
CRUISE	اخذ جولة سريعة في الطائرة للتوجه لمكان تنفيذ الغرض الذي صممت له طائرة التنفيذ (قد لا تكون جميع طائرات RC بحاجة الى جولة مثلا طائرات الترفيه)
Cruise Altitude	ارتفاع مسافة الطيران – تختلف الطائرات في اقصى ارتفاع تصل له اعتمادا على نوع الجسم والمحركات وقدرة تحملها للظروف الجوية الصعبة
Endurance	مدة البقاء في الجو –وتعتمد على كفاءة وحجم البطارية او حجم خزان الوقود في محركات الاحتراق وجودة المحرك المستخدم
LOITER	تنفيذ الغرض من الطائرة – والذي قد يكون المراقبة او التصوير او غير ذلك

DESCENT	النزول - عكس الصعود فبعض الطائرات لسنا بحاجة الى التجهيز للصعود او النزول مثل طائرات الهيلكبوتر والدرون .
LANDING	الهبوط الوصول الى الارض ويعد من الامور الصعبة في الطيران خاصةاذا كان الهبوط على الماء ! فقد تحتاج الى تمارين اضافية

نحن نعلم أنك متحمس للدخول في ديناميكا الهواء. لكننا نعلم أيضًا أنه سيكون لديك المزيد من المرح إذا استطعنا مساعدتك لتكون في معرفة جيدة في هذا المجال ، سنتناول بعض اساسايت الديناميكا الهوائية الأساسية. وسنركز على المعلومات التي ستساعدك على فهم فن الطيران بسرعة .

- أجزاء الطائرة الأساسية Basic Plane Parts

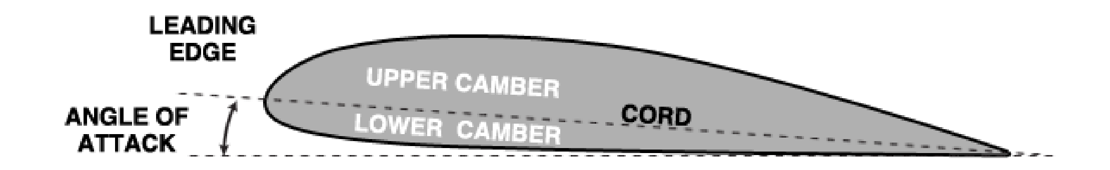


Fuselage	الجسم الرئيسي - كل شيء يربط هنا .
Vertical Stabilizer	الذيل الافقي – يجعل حركة الطائرة مستقرة بشكل عام
Horizontal Stabilizer	الذيل العامودي - يجعل حركة الطائرة مستقرة بشكل عام
Wing	الجناح - المسؤول عن رفع الطائرة Generates lift

الجدول اعلاه هو عام , ولكن سوف نقوم في الشرح بالتفصيل كل مكون حسنا , لنبدأ في الجناح ثم نكمل تسلسل الدروس

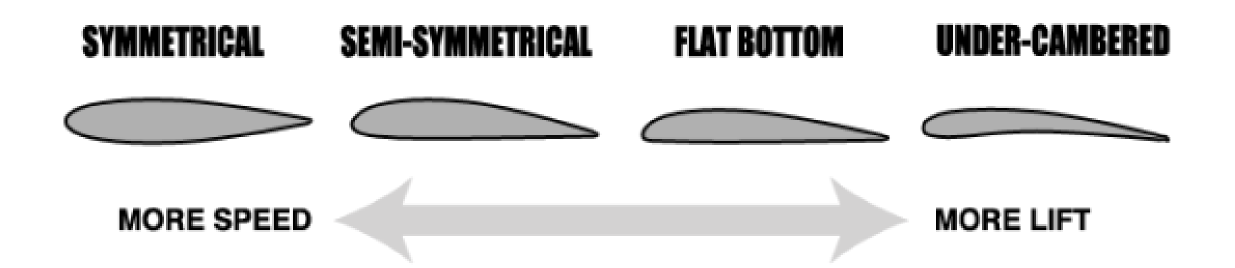
- الاجنحة Airfoils

شكل الجناح أو شفرة المروحة كما يظهر في المقطع العرضي :



يحدد الفرق بين أعلى وأسفل الجناح مقدار الرفع الذي سيحصل عليه الجناح. متناظرة Symmetrical ، وشبه متناظرة Semi-Symmetrical و الحدبة under-cambered هي الجنيحات شعبية بسبب خصائصها الفريدة.

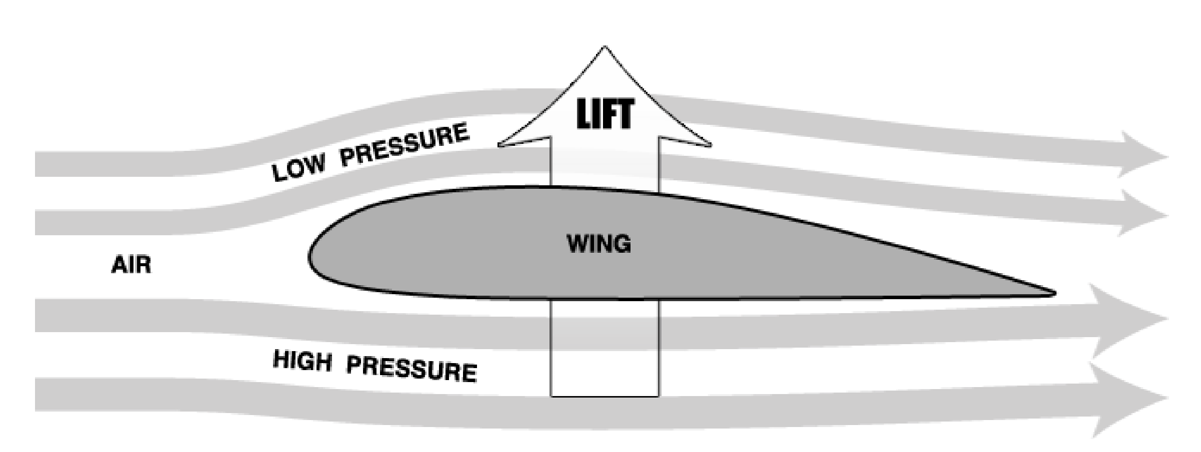
سحب drag منخفض للغاية مما يعني أنه سريع وأكثر مرونة. انه لامر جيد للطائرات البهلوانية . ومع ذلك ، فإنه لا يمكنه الرفع lift كثير	Symmetrical
لديه حدبة عالية ، وإنتاج lift-to-drag ratio عالية	Semi-Symmetrical
الاجنحة المسطحة - ليست شائعة جدا	Flat Bottom
ينتج أكثر رفع lift لكنه ليس الخيار الأفضل للأداء .	Under-Cambered



هناك مبدآن حول كيفية توليد الجناح للرفع :

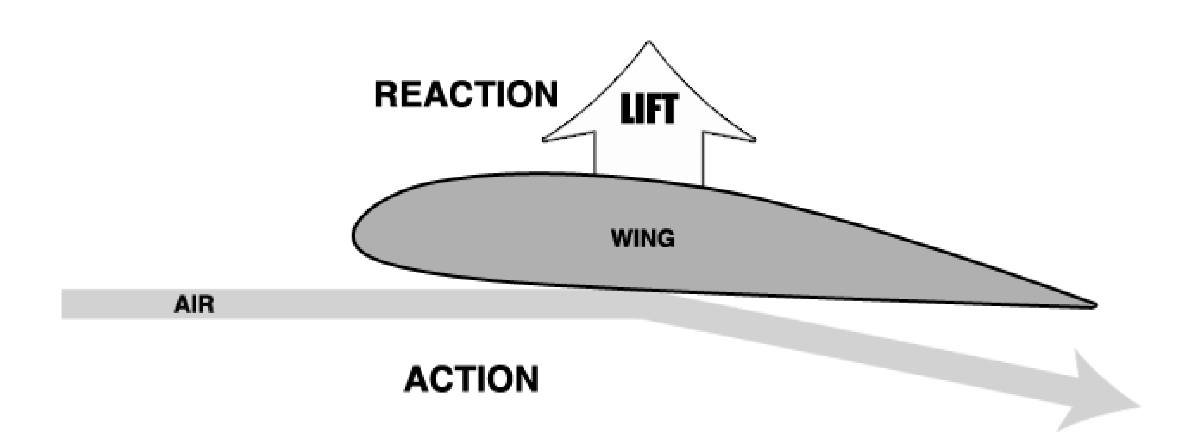
1 – برنولي Bernoulli's Principle

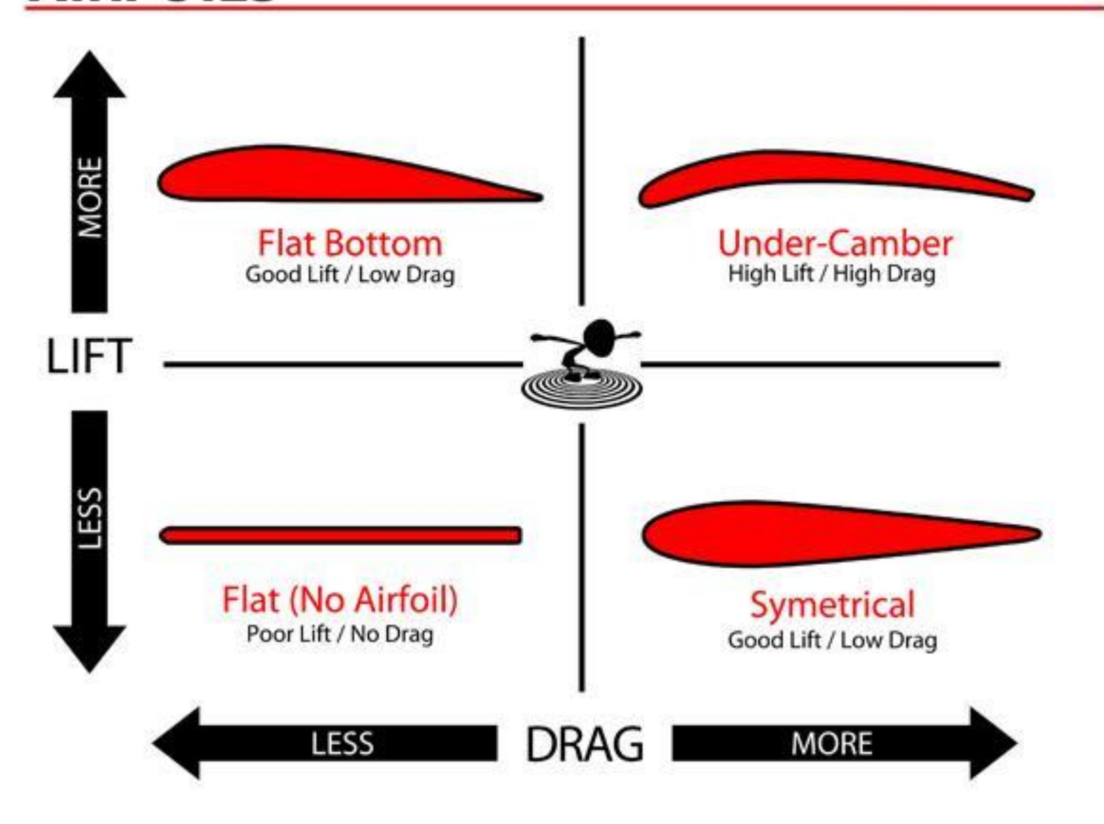
كلما زادت سرعة المائع (الهواء) ، انخفض ضغطه. الهواء في الجزء العلوي من الجناح لديه المزيد من الحركة في نفس الوقت ، لذلك يتحرك بشكل أسرع ويخفض ضغطه. هذا يسمح للضغط العالي high pressure تحت الجناح بدفعه للأعلى.



2 - قانون نيوتن للحركة Newton's Law of Motion

كل عمل له رد فعل معاكس ومساو له في المقدار . ينحرف الهواء في اسفل الجناح ، ويدفع الجناح للأعلى. زاوية الهجوم مهمة سندرسها لاحقا .





- تدفق الهواء والسقوط Airflow and Stalls

العامل المشترك بين برنولي ونيوتن هو تدفق الهواء يعني تدفق الهواء القليل جدًا أنك سوف "تسقط". لذا يجب أن يكون الهواء يتحرك فوق جناحك أو لا يمكنك إنشاء مصعد Lift .

السقوط هي أكبر عدو لأي طيار جديد. أنها تؤدي إلى فقدان السيطرة. معظم الطائرات المبتدئة تنجو من السقوط بسرعة أكبر من الطائرات المتقدمة مثل الطائرات النفاثة أو warbird بسبب انظمة التي يتم توفيرها للمبتدئين .

هناك نوعان من السقوط التي يجب الانتباه إليها :

1 – سقوط السرعة المنخفضة - يحدث هذا عندما تنخفض طائرتك إلى ما دون "سرعة السقوط ".

2 - Tip Stall يحدث هذا عندما تحاول الدوران بإحكام شديد. يتحرك الجناح الموجود في الجهة الداخلية من الدوران عبر الهواء بشكل أبطأ من الجناح الخارجي. يفقد الجناح الداخلي الرفع وغالبًا ما يسحب الطائرة إلى دوامة الموت.

كيف اتجنب السقوط ؟

1 - محاولة للحفاظ على مستوى الطائرة الخاصة بك إلى حد ما. إنها ليست مثل سيارة . لا يمكنك الدوران بشكل حاد أو التوقف.

2 - مزيد من السرعة يعني المزيد من التحكم. لكن كن حريص. وقت رد فعلك يحتاج إلى أن تنضج.

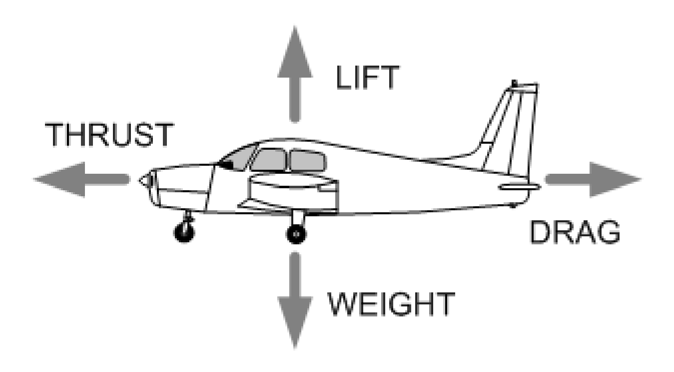
3 - ارفع الطائرة الخاصة بك عالية ومعرفة سرعة السقوط . عندما تعتاد على شعور السقوط، فسوف يساعدك ذلك على الهبوط دون سقوط .

- القوى الأساسية في الطيران

من خلال المكونات المختلفة للطائرة: الجناح ، جسم الطائرة ، تصميم الذيل. ، سننتهي مع بعض النماذج الرياضية الأساسية لأداء الطائرة.

الطائرات ، مثل الطيور ، أثقل من الهواء. لذلك من أجل أن تطير طائرة ، من المنطقي أن تتغلب على آثار الجاذبية عن طريق إنتاج قوة رفع أكبر من أو تساوي وزنها. على متن طائرة تقليدية يتم إنتاج قوة الرفع هذه بواسطة الجناح. لن نخوض في الكثير من التفاصيل بعد ، يكفي القول أن حجم وشكل الجناح هو ما يدفع قوة الرفع التي يمكنها رفع الطائرة في الهواء.

هناك أربع قوى أساسية تحكم كيفية تحليق طائرة وحالة طيرانها في وقت واحد. هذه القوى الأربع هي (LIFT, WEIGHT, THRUST & DRAG) .



هذه القوى الأربع تمثل دفع أو سحب في اتجاه معين. نظرًا لأن القوة لا توصف فقط بالحجم ولكن أيضًا بالاتجاه ، فإننا نعرّف القوة على أنها كمية متجهة (سندرسها في درس المتجهات) .

ألقِ نظرة على الصورة أدناه التي تُظهر طائرة سيسنا M 150 تقلع من مدرج عشب. القوى الأساسية الأربعة والاتجاه الذي يتخذه كل واحد منهم يتم تثبيته على الصورة. في حالة الإقلاع ، تتسارع الطائرة للأمام بحيث يكون الاتجاه الناتج عن المحرك أكبر من السحب الذي يقاوم حركة الطائرة. خلال المراحل الأولى من الإقلاع ، تتسارع الطائرة صعودًا بعيدًا عن المدرج ، ويجب أن تكون قوة الصعود أعلى من وزن الطائرة.



دعنا نذهب إلى كل القوى الأربع بتفاصيل أكثر:

- الوزن Weight

الوزن هو القوة التي تم تطويرها كمنتج ثانوي لكتلة الطائرة. كل المواد على الأرض لها كتلة ، ووزن الطائرة هو جاذبية الأرض التي تعمل على كتلة الطائرة. يتكون إجمالي كتلة الطائرات من الهيكل والمحركات والحمولة (الأشخاص والأمتعة والشحن) والوقود والأنظمة وأي شيء آخر كان على متن الطائرة وقت الرحلة. سوف يختلف الوزن الكلي للطائرة أثناء الرحلة حيث تستهلك المحركات الوقود ولكننا نفترض أن الكتلة ثابتة لفترة زمنية محددة. يتم توزيع كتلة الطائرة في جميع أنحاء حجمها ، لكن في كثير من الأحيان يتم تجميع الكتلة الكلية للطائرة في نقطة واحدة تسمى مركز الكتلة center of mass . يمكن اعتبار هذا الموقع المكان الذي ستبقى فيه الطائرة متوازنة إذا تم تعليقها من تلك النقطة. يمكن تمثيل الوزن الكلي للطائرة بواسطة متجه قوة (وزن) يعمل في مركز الثقل (الموافق لمركز الكتلة). يجب تصميم طائرة لتعمل بأمان داخل مجموعة من مواقع مركز الثقل ، وبالتالي يجب تصميم أسطح التحكم لموازنة أو تقليم الطائرة خلال هذا النطاق.

يتم تمثيل الوزن الكلي للطائرة في مركز الثقل وهو ناقل يتم توجيهه دائمًا نحو الأسفل نحو مركز الأرض.

- الرفع Lift

من أجل مواجهة قوة الوزن ، يجب أن تنتج طائرة قوة الرفع. يتم إنشاء قوة الرفع هذه بواسطة حركة الهواء المتدفقة فوق الطائرة. غالبية قوة الرفع ينتجها جناح الطائرة. شكل أو انحناء قسم الجناح مهم للغاية كما درسنا سابقا حيث أن هذا هو ما ينتج عنه اختلاف في الضغط بين السطح العلوي والسفلي للجناح والذي بدوره يحفز قوة الرفع هذه. وسوف تتعلم أيضًا كيف يكون لحجم الجناح وأبعاده تأثير كبير في كيفية تحليق الطائرة.

يتم إنتاج الرفع على طول امتداد الجناح ، وهناك طرق لحساب توزيع الرفع لجناح معين. كما هو الحال مع الوزن المؤثر في مركز الثقل center of gravity ، من الشائع جمع الرفع الكلي الذي ينتج عن الجناح في نقطة واحدة تعرف باسم مركز الضغط center of pressure . تعد العلاقة بين مركز الثقل ومركز الضغط مهمة جدًا عندما يتعلق الأمر بإمكانية التحكم والاستقرار في الطائرة , الرفع هو ناقل قوة يعمل بشكل عمودي على اتجاه الطائرة .

- الدفع Thrust

الدفع هو القوة الدافعة التي تدفع أو تسحب طائرة في الهواء وتنتجها محركات الطائرة. قوة الدفع الناتجة هي وظيفة موقع المحرك على الطائرة. يوجد عدد قليل من مواقع المحركات الشائعة كما هو موضح أدناه (انظر اتجاه الاسهم) :



Cessna 177 Cardinal







تتضمن بعض مواقع المحركات الشائعة ما يلي: أمام الأنف ، أسفل الأجنحة ، داخل جسم الطائرة ، على جسم الطائرة الخلفي , الدفع هو ناقل القوة الذي يعمل مع اتجاه الطائرة .

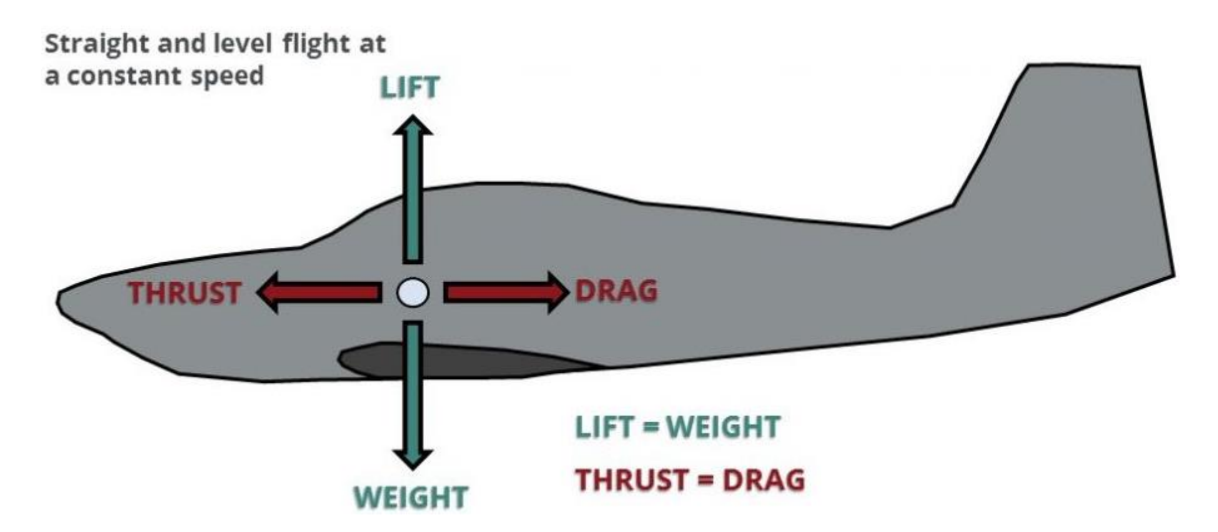
- السحب Drag

السحب الهوائي هو القوة التي تقاوم حركة الطائرة التي تتحرك في الهواء. يجب التغلب على هذه المقاومة عن طريق دفع المحركات. يمكنك تصور كيف يمكن للهواء أن يعيق حركة الطائرة من خلال التفكير في كيفية إعاقة الماء لحركة السباح. المبدأ هو نفسه تمامًا على الرغم من أن الوسيلة التي تتحرك من خلالها الطائرة هي الهواء وليس الماء.

سننظر في السحب بمزيد من التفصيل مع تقدم الدروس ؛ على وجه التحديد كيفية حساب السحب الإجمالي كمجموع المكونات الفردية للطائرة ، ولكن في هذه المرحلة من المهم الإشارة إلى أن السحب الكلي للطائرة يتناسب مع مربع سرعة الطيران للطائرة. هذا يعني أنه مع زيادة سرعة الطائرة ، يزداد السحب أضعافا مضاعفة مع مربع السرعة. في المقابل ، فإن إجمالي قوة الدفع المطلوبة للحفاظ على سرعة ثابتة هي أيضًا اقتران لسرعة الطائرة المربعة

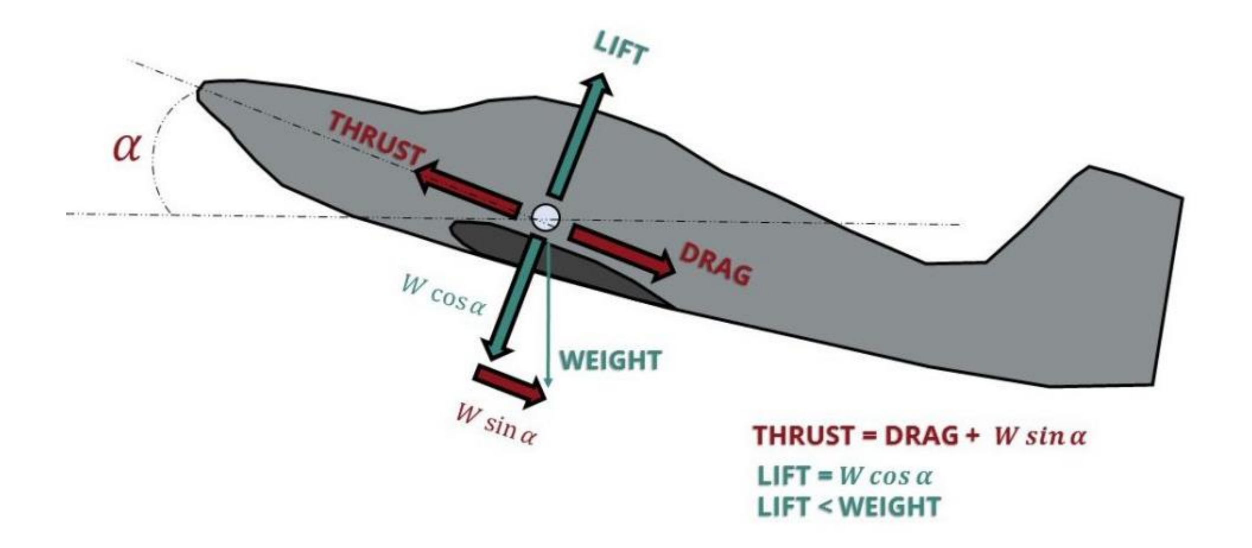
(thrust = drag at constant speed). السحب هو ناقل القوة الذي يعارض اتجاه الطائرة.

- لنضع كل القوى معا :



تصبح الأمور أكثر تعقيدًا عند التفكير فيما يحدث عندما تتسلق climbing الطائرة أو تنزل descending . هنا يحتاج المرء إلى استخدام بعض التحليل المتجهي لإظهار كيفية تفاعل مكونات الرفع والسحب مع الدفع والوزن. لقد قمنا بتبسيط التحليل لنفترض أن الرفع والوزن يعملان من خلال نفس النقطة وأن خط الدفع والسحب لا يتم إزاحتهما عن بعضهما البعض.

ومن الصورة أدناه نرى أن شيئين يحدثان عندما تبدأ طائرة في الصعود:



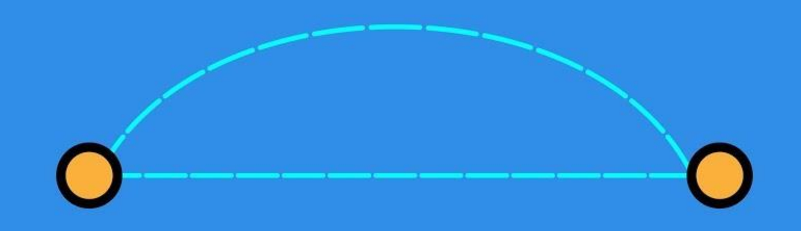
1 - يعمل مكون من الوزن الكلي في نفس اتجاه قوة السحب. هذا يتطلب أن يتم إنتاج قوة دفع إضافية لموازنة القوى الطولية.

2 - مجموع قوة الرفع التي ينتجها الجناح هي أقل من وزن الطائرة.

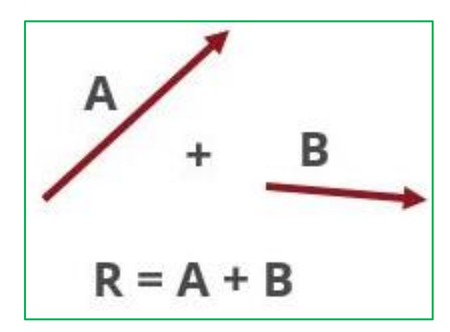
بعد ذلك ، سوف نركز على القوتين الديناميكية الهوائية (الرفع والسحب lift and drag). سنشتق ثلاث صفات مهمة ليس لها وحدات ؛ معاملات الرفع والسحب والعزم lift, drag, and pitching moment coefficients التي نستخدمها لوصف حالة الطائرة أثناء الطيران.

▪ المتجهات والقيم العددية Vectors and Scalars





الكميات المتجهات والقياسات العددية عبارة عن تركيبات رياضية تساعدنا في نمذجة الكميات الفيزيائية للعالم من حولنا. يمكن وصف بعض الكميات تمامًا بمجرد اقتباس قيمة أو حجم الكمية ، على سبيل المثال: درجة الحرارة اليوم هي 74 درجة فهرنهايت. درجة الحرارة عند نقطة ما ثابتة في تلك المرحلة ولا تتطلب معرفة الاتجاه لوصفها بالكامل.



ومع ذلك ، لا يمكن وصف بعض الكميات بشكل كامل بمجرد اقتباس قيمة الكميات. ينتج المحرك 2000 رطلاً lbs من الدفع قد يصف مقدار الدفع الذي يتم إنتاجه ، لكنه لا يخبرنا في أي اتجاه يتم تطبيق قوة الدفع. سيكون لإنتاج 2000 رطلاً من الاتجاه الرأسي للأعلى تأثير مختلف تمامًا على إنتاج 2000 رطل من الدفع إلى الأمام.

هذا يقودنا إلى الفرق الأساسي بين العددية وكمية المتجه:

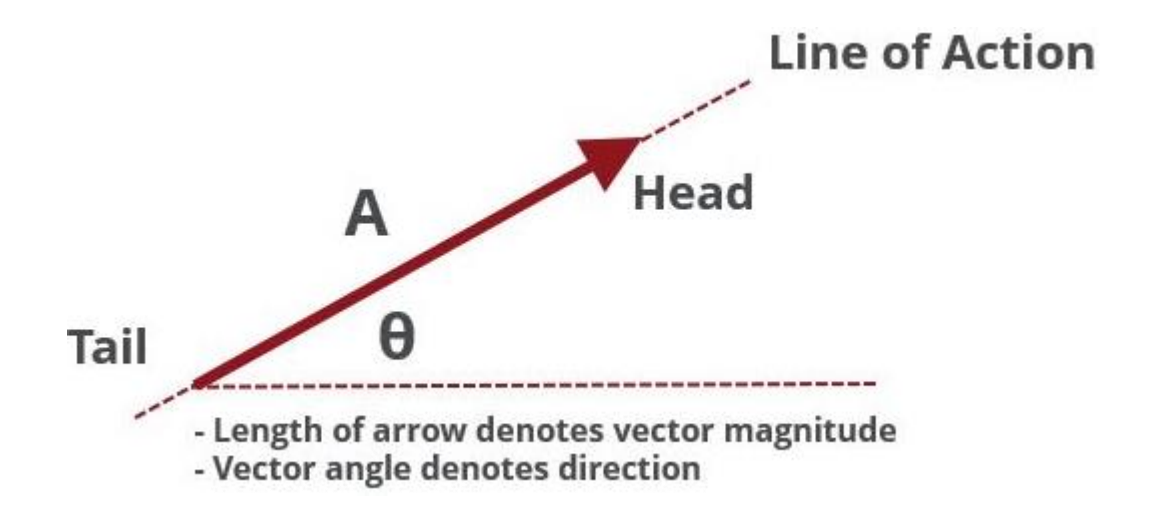
الكمية العددية scalar quantity هي الكمية التي تعتمد فقط على القيمة وليس الاتجاه لوصفها بالكامل. اما كمية المتجه vector quantity عبارة عن كمية تتطلب قيمة واتجاه لوصفها بالكامل.

فيما يلي بعض الكميات الشائعة والمتجهات التي نجدها في هندسة الطيران:

Scalar	temperature	volume	mass	density	area
	energy	speed	power	length	pressure
Vector	lift	drag	weight	thrust	acceleration
	momentum	velocity	displacement	-	-

يتم تمثيل Vectors بواسطة سهم من قيمة معينة واتجاهها . يشير طول السهم إلى قيمة المتجه بينما يظهر اتجاهه بالزاوية بين خط عمل المتجه line of action والمحور المرجعي المحدد reference axis . يتم الإشارة إلى الاتجاه من خلال اتجاه رأس السهم مع وضع رأس السهم دائمًا على رأس المتجه.

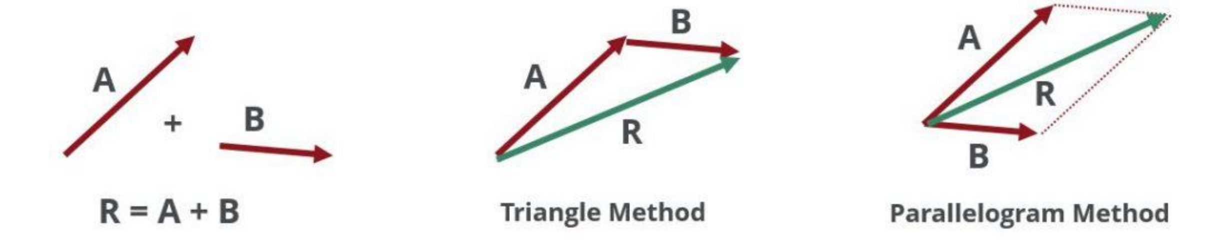
رياضيا ، يتم تمثيل كمية المتجه في كثير من الأحيان بحرف به سهم يوضع فوقه ، مثل Ā بدلا من ذلك باستخدام الخط الغامق مثل **A** قيمة المتجه هي قيمة العددية ويمثل مثل ذلك IAI الصورة ادناه توضح تسمية المتجاه :



- عمليات على المتجهات Vector Operations

يمكن إضافة المتجهات أو طرحها من بعضها البعض بالطريقة التالية:

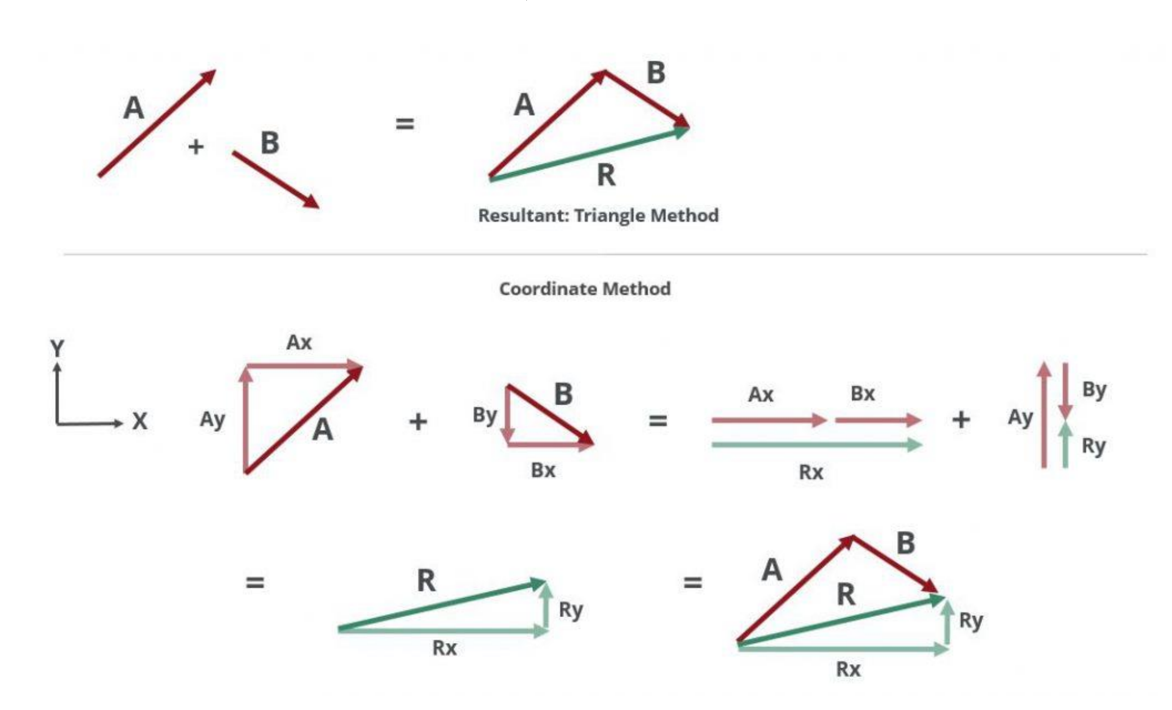
القوتين A و B يمكن إضافة العمل على نقطة واحدة معًا لإنشاء قوة ناتجة R محصلة القوة resultant force باستخدام إما طريقة البناء الثلاثي أو المتوازي:



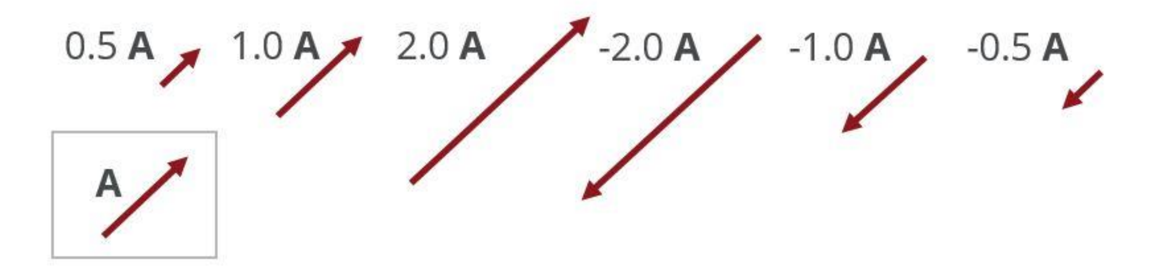
طريقة المثلث تعمل عن طريق إضافة ذيل B الى رأس A والمحصلة R ثم يتم حسابها من خلال الانضمام إلى ذيل A الى رأس B .

طريقة متوازي الاضلاع تعمل من خلال اضافة A و B الى الذيل الخاص بهم , خطوط موازية ل A و B تم انشائها من رأسين A و B على التوالي لتشكيل متوازي الاضلاع , القطر diagonal بين A وB والنقطة التي تتقاطع عندها الخطوط المتوازية مع المتجه الناتج R .كلا الطريقتين سوف تنتج نتيجة R مع نفس القيمة والاتجاه.

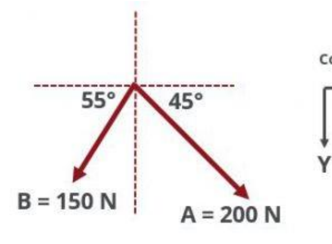
غالبًا ما تكون الطريقة الأكثر عملية لإضافة المتجهات معًا هي استخدام نظام الإحداثيات الديكارتية Cartesian coordinate لتقسيم كل متجه إلى زوج من المتجهات المتعامدة التي تصف المتجه الأصلي تمامًا. يمكن بعد ذلك إضافة مكونات المتجه التي تعمل على نفس خط العمل إلى بعضها البعض. تكون النتيجة الناتجة عن طريق إضافة هذه المتجهات متساوية في الحجم والاتجاه للنتيجة التي يتم تشكيلها باستخدام طرق المثلث أو متوازي الاضلاع.

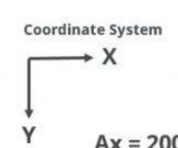


الضرب من المتجه من قبل العددية له تأثير فقط على تغيير قيمة المتجه ولكن ليس خط عمله. ومع ذلك ، يمكن تغيير المتجه بضرب المتجه بعدد سالب .



الآن وقد غطينا أساسيات الرياضيات المتجهية ، فلنغوص في تجربة مثال. حاول وتصفح المثال بنفسك أولاً قبل الكشف عن الإجابة وطريقة الحل .





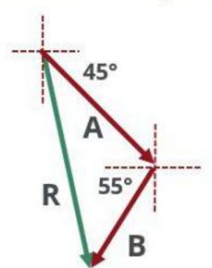
$Ax = 200 \cos(45°) = 141.42\ N$

$Ay = 200 \sin(45°) = 141.42\ N$

$Bx = -150 \cos(55°) = -86.04\ N$

$By = 150 \sin(55°) = 122.87\ N$

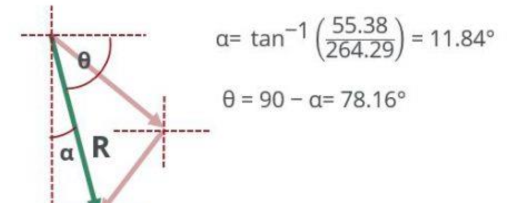
Resultant: Triangle Method



$Rx = 141.42 - 86.04 = 55.38\ N$

$Ry = 141.42 + 122.87 = 264.29\ N$

$R = \sqrt{Rx^2 + Ry^2}$



<u>$R = 270.04\ N$</u>

<u>$\theta = 78.16°$</u>

- معاملات الرفع والسحب والعزم lift, drag, and pitching moment coefficients

في الدروس السابقة قدمنا القوى الأساسية الأربع التي تعمل على متن طائرة أثناء الرحلة: الرفع والسحب والدفع والوزن وفحصنا كيف تتفاعل مع بعضها البعض. نحن الآن بصدد النظر عن كثب في اثنين من القوات الهوائية الرفع والسحب Lift and Drag . سننظر في العلاقة بين القوتين ، وسندرس كيفية تفاعلهم مع بعضهم البعض ، ومعرفة كيفية عدم تضافر القوى الناتجة. هيا بنا نقوم بذلك ..

تأتي قوتان من القوى الأساسية الأربع التي كانت تعمل على متن طائرة أثناء الطيران نتيجة التحميل الديناميكي الهوائي على الجسم أثناء تحليقه في الهواء , إذا كنت قد قرأت الدرس السابق ، فستفهم أن المصعد يجب أن يتم إنتاجه بواسطة جناح الطائرة حتى يعمل كقوة مضادة لإجمالي وزن الطيران ، وذلك كنتيجة طبيعية لحركة الطائرة عبر الهواء ، قوة السحب التي تعارض هذه الحركة موجودة أيضا.

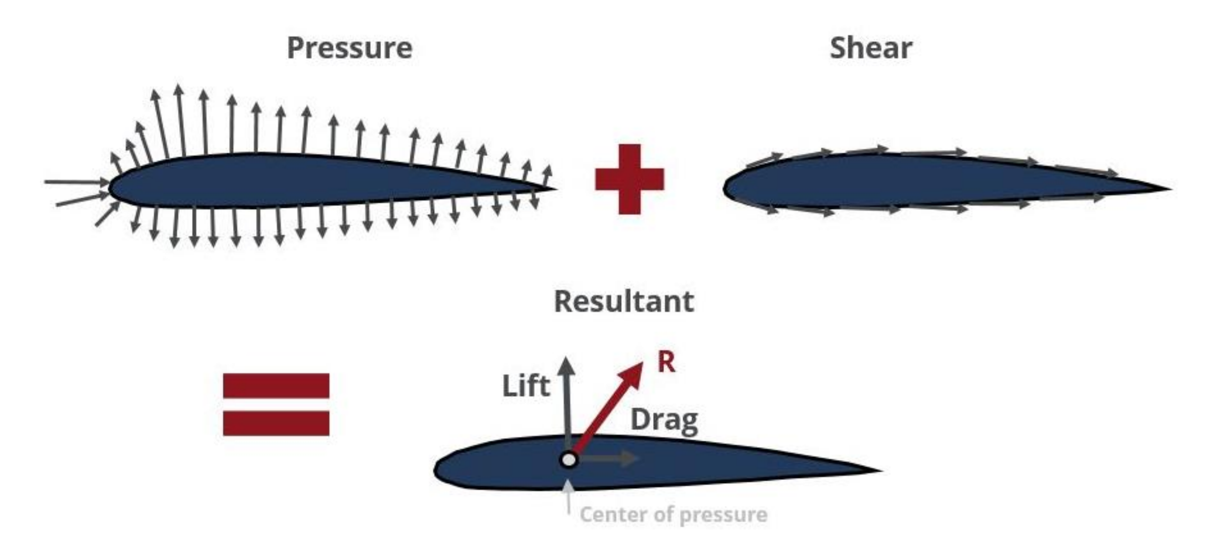
في هذا الدرس سنبحث كيف ولماذا تتولد القوى الديناميكية الهوائية أثناء تحرك الطائرة في الهواء ، وإدخال طريقة لتقليل حجم القوى بحيث يمكن مقارنة الطائرات ذات الأشكال والأحجام المختلفة مباشرة مع بعضها البعض. وسنركز بشكل خاص على الجناح لبقية هذا البرنامج التعليمي ولكن المفهوم الكامن وراء التحميل الديناميكي الهوائي يمكن تمديده بسهولة إلى أي مكون آخر من الطائرات مثل جسم الطائرة أو محرك القلنسوة engine cowling أو حتى المظلة canopy .

- Pressure and Shear Loading

إذا علقت يدك من أي وقت مضى من مركبة متحركة وشعرت بقوة الهواء التي تضغط على يدك ، فيجب أن تكون لديك فكرة جيدة عن مفهوم الرفع والسحب. في هذه الحالة ، تميل قوة الرفع إلى دفع يدك للأعلى بينما تدفع قوة السحب يدك للخلف.

هنا يتم إنشاء القوة التي تمارسها على يدك من خلال توزيعات للقوة تعمل على يدك: توزيع الضغط pressure distribution وتوزيع القص shear distribution .

الصورة ادناه تمثل توزيع الضغط (العادي) والقص (الموازي) على الجناح :



بالضبط نفس الشيء يحدث عندما نعتبر أن الجنيح يتعرض لتدفق الهواء على سطحه: يوجد توزيع للضغط والقص يعملان على سطح الجناح بأكمله.

يعمل توزيع الضغط عموديًا محليًا perpendicular (normal) على سطح الجناح.

يعمل توزيع القص بالتوازي parallel مع سطح الجنيح.

أخذ الضغط في كل نقطة على طول السطح وإضافة كل نقطة معًا (تكامل) ينتج عنه قوة ضغط صافية تعمل على الجنيح. وبالمثل ، تؤدي إضافة تجميع النقاط القص على سطح الجنيح إلى قوة قص صافية. اي ان القوة الهوائية الناتجة عن الجنيح هي مجموع مساهمات الضغط والقص.

من المهم أن تتذكر أن النتيجة أعلاه صحيحة بغض النظر عن شكل السطح المعني ؛ القوة الهوائية الديناميكية الصافية التي تعمل على أي جسم في تيار حر من الهواء ستكون دائمًا مجموع توزيعات الضغط والقص التي تعمل على طول الجسم.

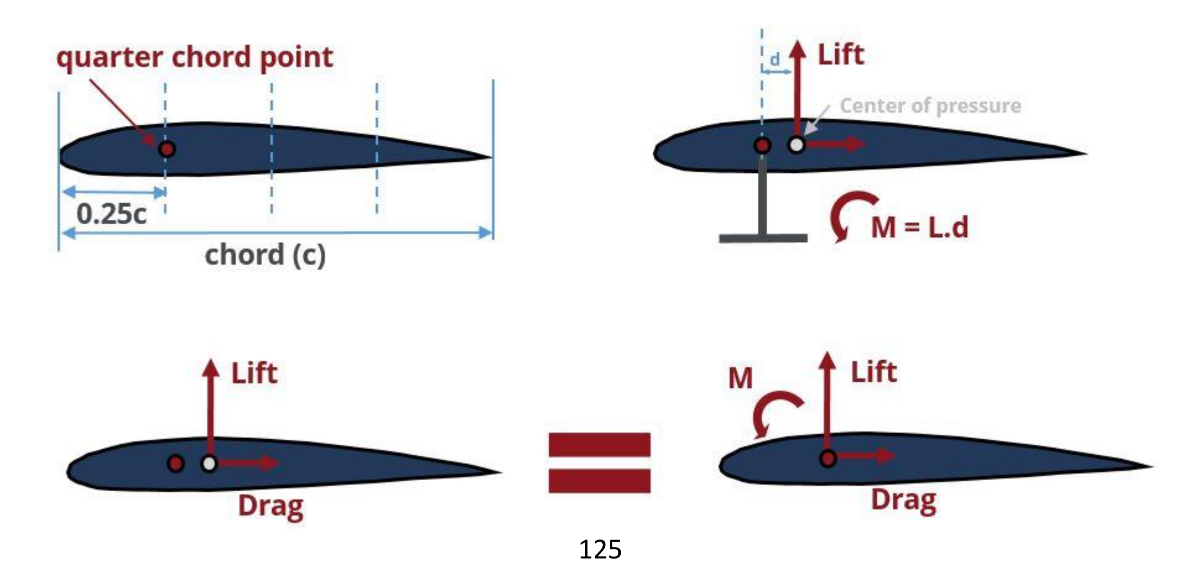
يطلق على مجموع القوة العامودية قوة الرفع lifting force وتسمى مجموع القوة الأفقية قوة السحب drag force .

مجموع قوى ال lift و drag يمثلان مركز الضغط center of pressure للجناح أعمال في الجنيح. ومع ذلك ، فإن مركز الضغط ليس نقطة ثابتة وستختلف مع تباين زاوية هجوم angle of attack الجناح. وبالتالي فإن مركز الضغط ليس موقعًا مناسبًا لتحديد القوى الناتجة التي تعمل على الجنيح لأنه غير ثابتة .

اتفاقية شائعة هي استخدام نقطة محددة في ربع الجنيح airfoil quarter chord . هذه هي نقطة تقع ربع الطريق على طول الوتر من الحافة الرائدة leading edge . يتطلب نقل مجموع قوة الرفع والسحب من مركز الضغط quarter chord اضافتها الى قوة التوازن force balance.

وبالتالي تتم إضافة moment(M) نقطة اتزان لقوة الرفع مضروبة quarter chord and the center of pressure لتحقيق توازن ثابت (لقد أهملنا هنا مكون قوة القص حيث إنها صغيرة بشكل بالنسبة للرفع).

حسنا ربما الأمر اصبح صعبًا قليلًا لكن لا عليك سوف تفهم كل هذا قريبًا , بالتالي ، يمكننا تحديد القوة الهوائية الناتجة على الجنيح كقوة رفع وسحب تعمل على quarter chord بالإضافة إلى النقطة المتوازنة balancing pitching moment .



الصورة اعلاه توضح الشرح الذي سبق قلنا عنه صعب بعض الشيئ وهي تبين موقع Chord Quarter وطريقة حل مجموع القوى الديناميكية الوائية والعزم Moment .

- معاملات بدون وحدات Non-dimensional Coefficients

لقد أظهرنا أعلاه أن الخصائص الديناميكية الهوائية لأي جسم يمكن تمثيلها عن طريق حل القوة الناتجة في مكوناته (الرفع) العامودية والمتوازية (السحب). لقد أوضحنا أيضًا كيف يكون من المريح غالبًا تمثيل القوة الناتجة على الجسم من حيث مكونات قوتها ولحظة حول نقطة تعسفية ثابتة (ربع الوتر في مثالنا).

كيف يمكننا مقارنة الأسطح الديناميكية الهوائية المتعددة مع بعضها البعض لأن كل سطح سوف ينتج قوة صافية معينة تعتمد على معايير مثل سرعة التدفق الحر ، وكثافة الوسط ، ، وزاوية هجوم الجسم و انضغاطية متوسطة التدفق على الجسم.

ان جميع قوى الديناميكة الهوائية مشتقة من العوامل التالية :

$$F=fn(V_\infty,\rho,\alpha,\mu,a_\infty)$$

حيث ان :

V_∞	free-stream velocity سرعة التدفق الحر
ρ	density of the medium الكثافة المتوسطة
α	angle of attack زاوية الهجوم
μ	viscosity of the medium لزوجة الوسط
a_∞	Free stream sonic speed سرعة التدفق الصوتية
fn	تعني function اي انها تعتمد على ما داخلها

يمكننا تمثيل ال non-dimensionalise باستخدام القوى forces والعزم moment كالتالي :

$$C_L = \frac{L}{q_\infty S} \qquad C_D = \frac{D}{q_\infty S} \qquad C_M = \frac{M}{q_\infty S c}$$

حيث ان :

L	Lift Force
D	Drag Force
M	Moment
S	Reference Area (usually Wing Area) المنطقة المرجعية (عادة منطقة الجناح)
q_∞	Dynamic pressure - الضغط الديناميكي $\frac{1}{2} * \rho * V_\infty^2$

تتيح قوانين non-dimensional تمثيل الرفع والسحب pitching moment لمقارنة جسديين هوائيين مختلفين من حيث الحجم والشكل والاتجاه مع بعضهما البعض للتباين في القوة الناتجة عن حجم الجسم وظروف التدفق المختلفة .

- تشابه التدفق Flow Similarity

لا تصف non-dimensional coefficientsالمذكورة أعلاه لا تصف مكونات القوة وMomenta بالكامل لأن عددًا من المعلمات غير مدرج في التعريف أعلاه. نقدم اثنين من معلمات تشابه تدفق إضافية وهم رقم رينولدز Reynolds Number ورقم ماخ Mach Number لوصف تماما للتدفق.

علاقة ايجاد رقم رينولدز هي :

$$Re = \frac{InertialForces}{ViscousForces} = \frac{\rho VL}{\mu} = \frac{VL}{\nu}$$

وعلاقة ايجاد رقم ماخ هي :

$$M_\infty = \frac{V_\infty}{a_\infty}$$

حيث ان :

L	طول الجسم المميز (في كثير من الأحيان طول الجناح أو جسم الطائرة في تصميم الطيران) - length of the body
μ	اللزوجة الديناميكية للسائل - Dynamic viscosity of the fluid
ν	اللزوجة الحركية للسائل - Kinematic viscosity of the fluid $\nu = \mu / \rho$
M_∞	Mach number
V_∞	سرعة التدفق الحر - free-stream velocity
a_∞	سرعة التدفق الصوتية - Free stream sonic speed

من الممارسات الشائعة إنشاء مجموعة من البيانات الديناميكية الهوائية عبر مجموعة من زوايا الهجوم لفهم كيفية سلوك الطائرة أو المركبة. يتيح ذلك للمهندسين التأكد من أن الطائرة تتصرف بأمان ويمكن التنبؤ بها من خلال التصميم بأكمله , غالبًا ما يتم جمع هذه البيانات عن طريق إجراء مجموعة من اختبارات نفق الرياح wind tunnel tests ، باستخدام نموذج للطائرة أو المركبة التي يتم تصميمها.

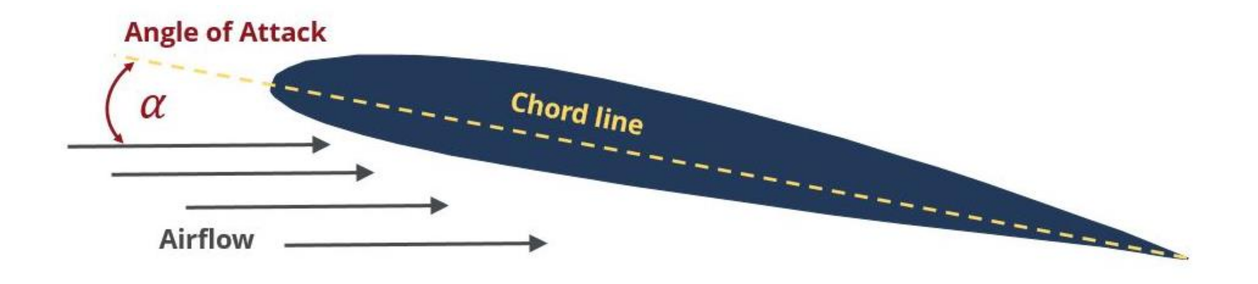
بدلاً من ذلك باستخدام المعادلات المحددة أعلاه ، يمكن للمهندس تصميم تدفق مماثل ديناميكيًا على نموذج المقياس من خلال التأكد من أن رقم رينولدز ورقم ماخ للطائرة الحقيقية والطراز يتطابقان مع بعضهما البعض.

غالبًا ما يكون من الصعب تحقيق كل من رقم رينولدز المطابق ورقم ماخ في اختبار واحد ؛ ولكن في كثير من الأحيان يمكن صياغة الظروف بحيث يمكن الوصول إلى تقريب جيد لبيانات اختبار الطيران الفعلي.

- زاوية الهجوم - المواجهة Angle of Attack

تشير زاوية الهجوم إلى الزاوية بين الخط المرجعي angle between a reference line على الجسم والمتجه الذي يمثل الحركة النسبية بين الجسم والسائل fluid التي يتحرك من خلالها.

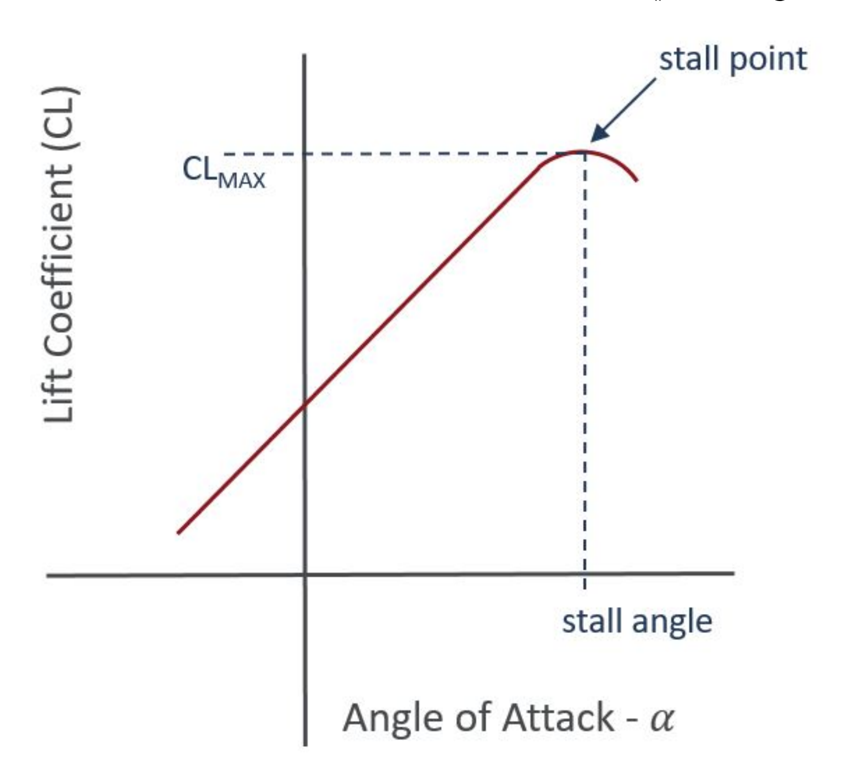
وغالبًا ما يستخدم في سياق الطيران لوصف الزاوية بين خط الجنيح chordline والرياح النسبية relative wind أو الاتجاه الناتج عن تدفق الهواء . في الحالات التي يكون فيها الجناح مائلًا ، يتم غالبًا اعتباره الزاوية بين chordline عند wing root والرياح النسبية.



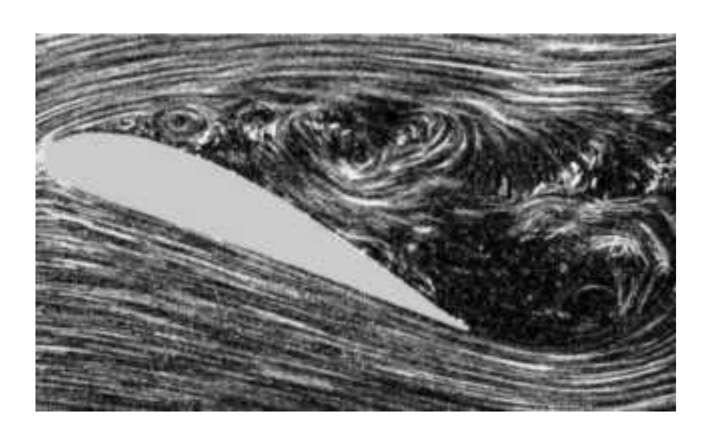
تعد العلاقة بين زاوية هجوم الجناح ومعامل الرفع الناتج CL (تم دراسته في الدرس السابق) ذات أهمية أساسية لمصمم الطائرة.

زيادة زاوية الهجوم توفر زيادة في معامل الرفع حتى زاوية حرجة تسمى السقوط stall .

بمجرد الوصول إلى زاوية السقوط ، يتعذر على الهواء التدفق على اتباع محيط الجناح ، وبدلاً من ذلك يفصل، مما يؤدي إلى السقوط والانخفاض اللاحق في معامل الرفع CL . والشكل التالي يوضح منحنى الرفع النموذجي :



السرعة التي سوف تكون stall عندها طائرة معينة هي تعتمد على وزن الطائرة وعامل الحمولة load factor وموقع مركز الثقل centre of gravity , ادناه تصور تدفق الجنيح أثناء السقوط :



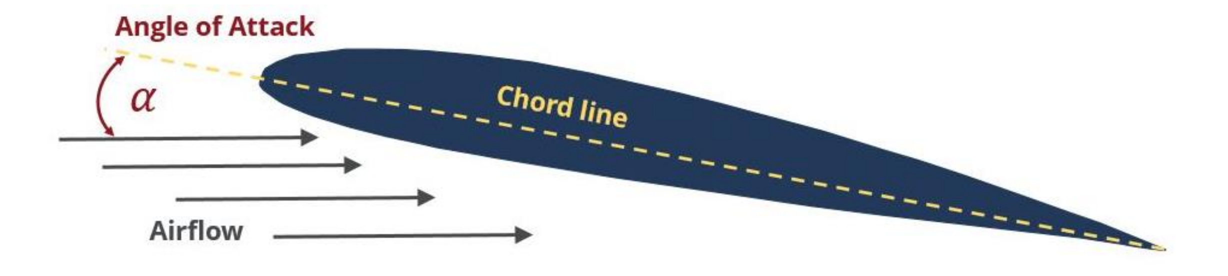
- علاقة المعاملات مع زاوية الهجوم Coefficient Variation with Angle of Attack

في هذه المناقشة ، سنقتصر على مناقشة المقطع العرضي للجناح حيث إن العلاقة بين الرفع والسحب وزاوية الهجوم لملف جانبي جوي مثبتة جيدًا. يمكن إجراء تحليل مماثل على أي جسم ديناميكي هوائي مثل جسم الطائرة أو المظلة أو خزان الوقود الخارجي على الرغم من صعوبة العثور على بيانات ديناميكية هوائية جيدة على أشكال أكثر غموضًا.

تتمثل أفضل طريقة للحصول على بيانات ديناميكية هوائية عالية الجودة على جسم غير مألوف في إجراء سلسلة من اختبارات نفق الرياح wind tunnel tests من أجل توليد البيانات المطلوبة بنفسك.

يمكن أيضًا المحاكاة باستخدام Computational Fluid Dynamics (CFD) لإنشاء بيانات ديناميكية هوائية ، ولكن يجب أن يكون المرء مدركًا لقيود المحاكاة قبل استخدام البيانات التي تم إنشاؤها.

الزاوية بين الخط المرجعي على الجسم reference line on a body والمتجه الذي يمثل الحركة النسبية بين الجسم والسوائل التي يتحرك من خلالها تسمى زاوية الهجوم كما درسنا سابقا .

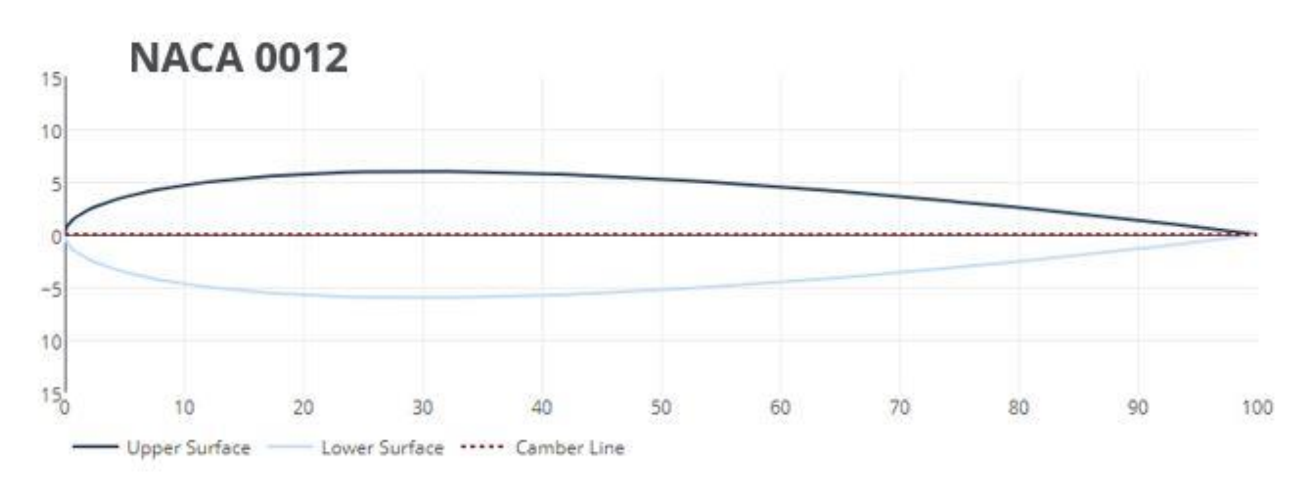


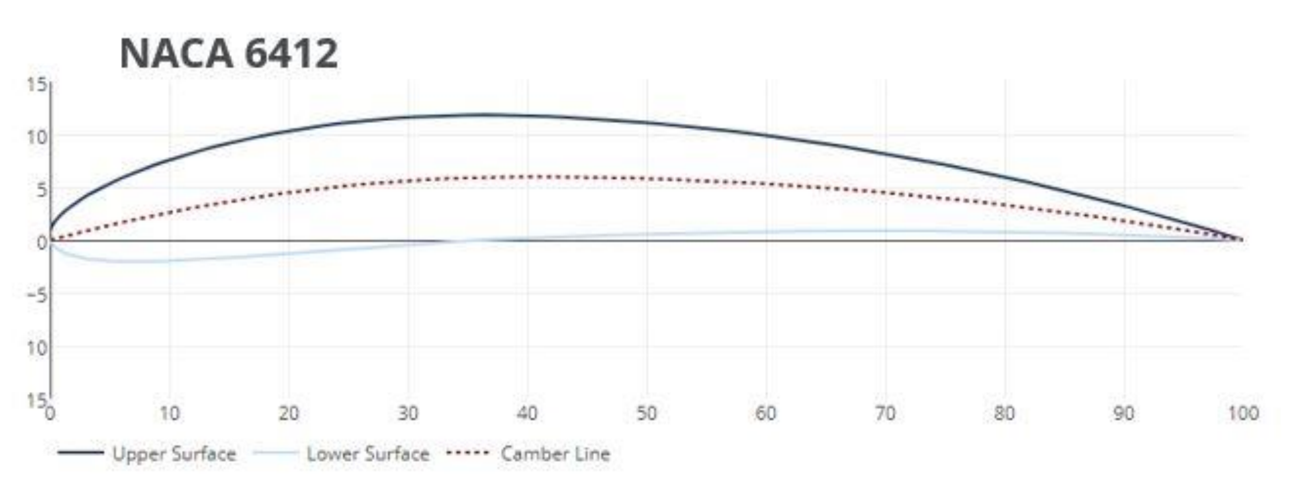
من البديهي أن تختلف قوة الرفع والسحب التي ينتجها الجناح مع زاوية الهجوم ، حيث سيتغير توزيع الضغط والقص حول الجناح أثناء تدوير الجناح.

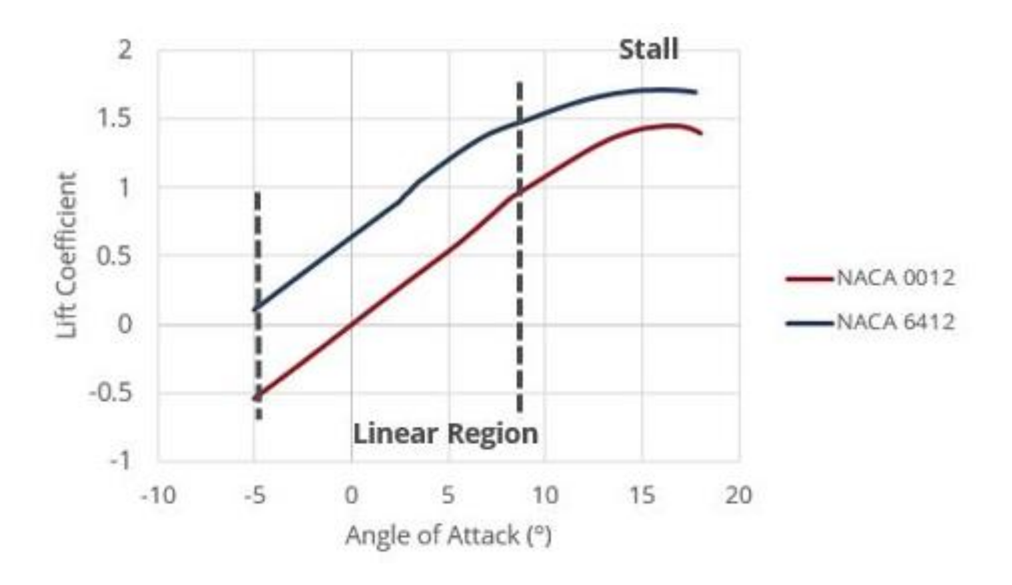
ان تمثيل قيم ال Non-dimensionalizing the lift and drag مع حدود زوايا الهجوم يعني أنه يمكن مقارنة عدد من تكوينات الجناح airfoil profiles بحيث يتم اختيار التصميم الأنسب.

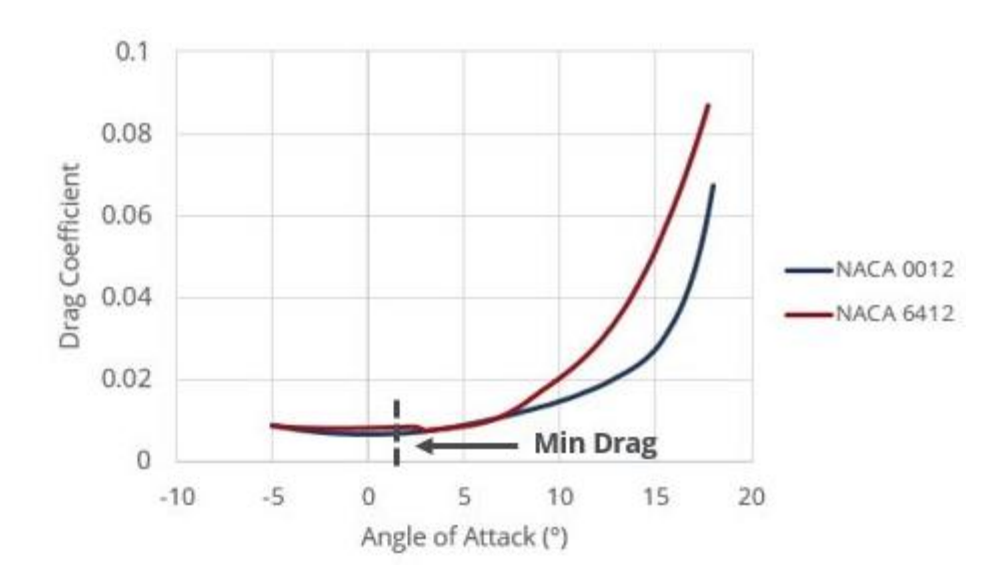
في معظم الأوقات ، سيكون التكوين الأنسب هو الذي يقلل السحب ومن السهل إنتاج رفع كافٍ من الجناح .

يظهر أدناه تباين معامل الرفع والسحب بزاوية الهجوم لملفات NACA 0012 و NACA 6412. تم تجميع البيانات الديناميكية الهوائية باستخدام أداة تسمى xFoil للحصول على رقم رينولدز يساوي 1 مليون.









الاشكال اعلاه تمثل الاختلاف في الرفع والسحب مع زاوية الهجوم. وتؤدي زيادة زاوية الهجوم في الجنيح إلى زيادة مقابلة في معامل الرفع حتى نقطة (stall) قبل أن يبدأ معامل الرفع في الانخفاض مرة أخرى.

هناك ثلاث مناطق مميزة على الرسم بياني لمعامل الرفع المرسوم مع زاوية الهجوم :

حيث يزيد معامل الرفع خطياً مع زاوية الهجوم	Linear region
(pre-stall) هنا ، لا تزال زاوية الهجوم المتزايدة تؤدي إلى زيادة في معامل الرفع ولكن هذا ليس خطيًا حيث تبدأ تأثيرات فصل التدفق في الظهور.	Non-linear region
هنا تتجاوز زاوية الهجوم نقطة التوقف الحرجة critical stall point (الحد الأقصى لمعامل الرفع) ، وبينما لا يزال الجنيح يولد lift ، زاد السحب drag أضعافا مضاعفة. ينبغي للمرء تجنب تحليق طائرة وراء نقطة السقوط. تميل الطائرة المستقرة إلى إسقاط المقدمة ، مما يقلل من زاوية الهجوم إلى المنطقة الخطية.	Post stall region

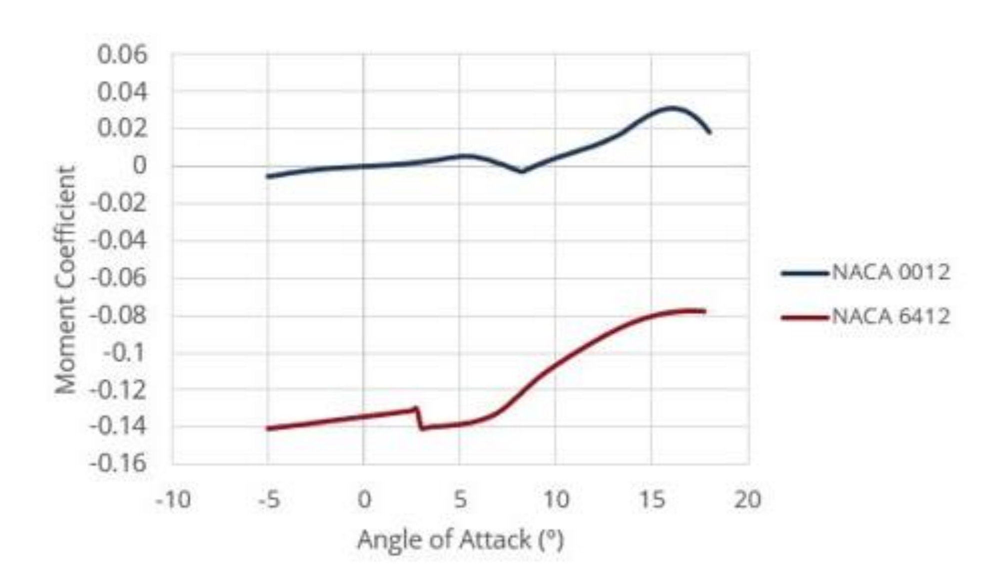
التمثيل البياني لقوة السحب مع زاوية الهجوم يميل إلى تشكيل شكل دلو (bucket shape) (الحد الأدنى للسحب) مع زاوية معينة من الهجوم للجناح , يجب أن يسمح الجنيح المصمم بشكل جيد للمرء بالطيران عبر مجموعة من زوايا الهجوم المنخفضة (linear lift region) .

السحب الكلي total drag يعتمد على شكل الجنيح (profile drag) ومربع معامل الرفع square of the lift coefficient (lift-induced drag) والذي يؤدي إلى ارتفاع drag الأسي حيث يقترب المرء من زوايا الهجوم العالية.

ان تمثيل quarter chord moment coefficient مع زاوية الهجوم , يوضح كيف يستجيب الجنيح لزيادة زاوية الهجوم كما سنرى في الصور ادناه .

اما negative moment coefficient تشير الى انخفاض مقدمة الطائرة والتي سوف تقلل من زاوية الهجوم للطائرة .

هذا موقف مرغوب فيه لأن هذا يشير إلى أن الطائرة سوف تميل إلى اللجوء إلى حالة في منطقة من الرفع الخطي stable (مستقرة) بدلاً من stall region (غير المستقرة). الاستقرار الساكن للطائرة ليس فقط لهندسة الجناح بل للطائرة ككل.



إن الحيلة عند تصميم ملف تعريف الجنيح airfoil profile وتحديده للطائرة هي محاولة التأكد من أن معامل الرفع lift coefficient يتوافق مع زاوية الهجوم حيث يكون السحب على اقل ما يمكن .

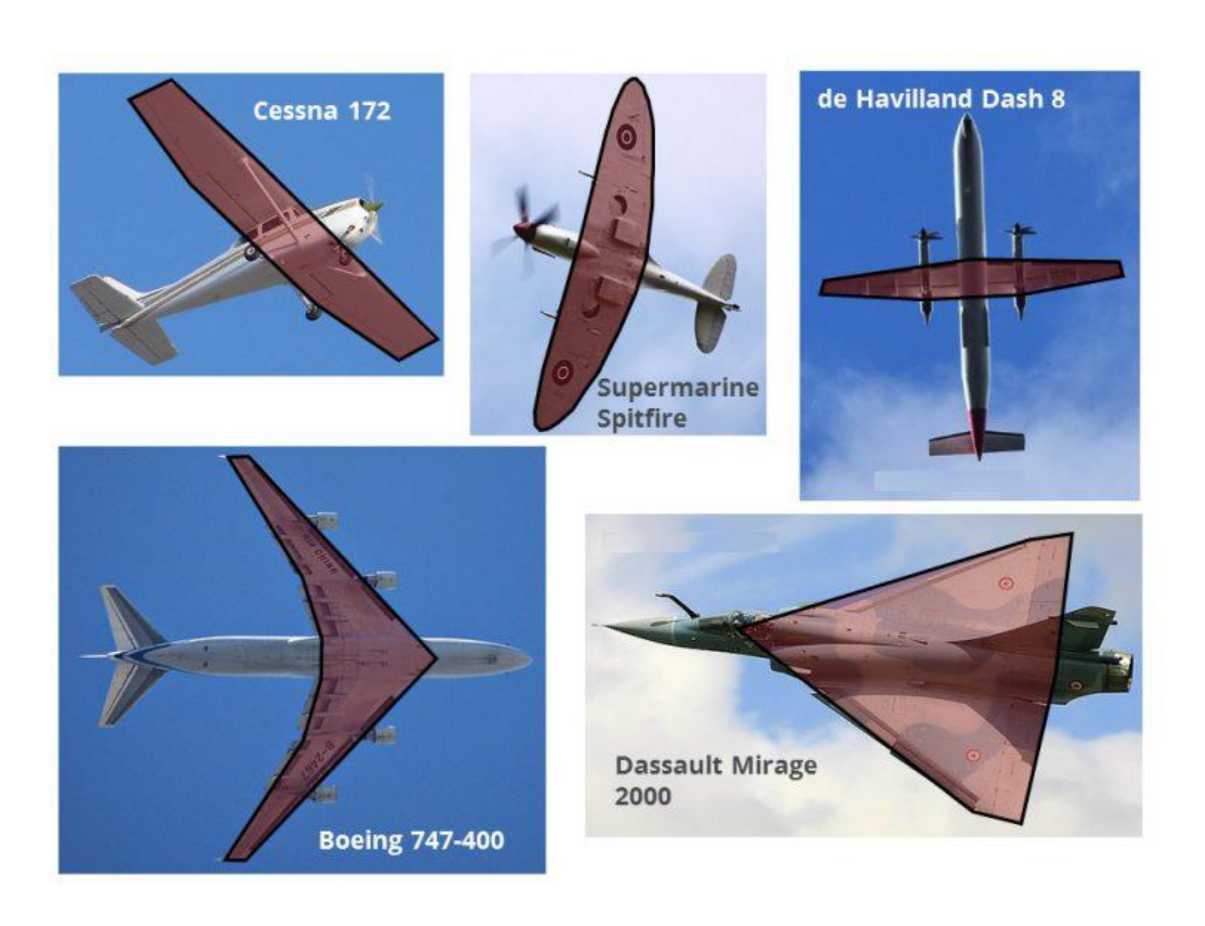
سيؤدي ذلك إلى إنتاج طائرة ذات نسبة رفع إلى سحب محسّنة وغالبًا ما تؤدي القيود مثل متطلبات مسافة الإقلاع أو اعتبارات المناورة وغيرها إلى تكوين نسب ربما غير مرغوبة .

تصميم الجناح هو نظام معقد ويتألف من تحسين الشكل ونسبة العرض إلى الارتفاع ، وتصميم الاجنحة الأسرع من الصوت (إن أمكن) وفهم الدور الذي يلعبه اختيار الجنيح في الأداء الكلي للطائرة الافقية .

▪ مساحة الجناح ونسبة العرض إلى الارتفاع Wing Area and Aspect Ratio

في هذا الدرس نقدم اساسيات تصميم الجناح ونبين لماذا هو مكان رائع للبدء عند تصميم طائرة جديدة . ان جناح الطائرة هو المساهم الرئيسي في قدرته على توليد قوة رفع أكبر من وزنه ، وبالتالي التحليق في الجو , إذا كنت قد قضيت أي وقت في النظر إلى صور الطائرات أو تمشيت حول مطار (موصى به للغاية) فقد تلاحظ وجود تباين كبير في حجم وشكل الأجنحة المرتبطة بكل طائرة. يتم ضبط حجم كل جناح بعناية لتحقيق أفضل أداء مخصص لهذه الطائرة المحددة . سوف نتعمق أكثر في اثنين من الخصائص الهندسية الهامة التي تحدد كيفية عمل الجناح ، وهي مساحة الجناح ونسبة العرض إلى الارتفاع وإدخال مكون ثالث Sweep Angle .

انظر الى اشكال الاجنحة التالية :



بعد القائك نظرة على مجموعة الطائرات الموضحة أعلاه. كل واحدة مختلفة الحجم والشكل ، ومصممة لتحقيق مهمة مختلفة للغاية. يحتوي كل جناح على جناح فريد يتشكل بشكل مختلف عن الآخرين.

دعنا نبدأ مع طائرة التدريب Cessna 172 في الصورة أعلى اليسار , الجناح مستقيم ، مستطيل تقريبًا ويجلس فوق جسم الطائرة , هذه الطائرة مناسبة للمبتدئين لانها سهل الهبوط نسبيًا نتيجة لسرعة السقوط المنخفضة .

Supermarine Spitfire. يشتهر هذا المقاتل الأيقوني في الحرب العالمية الثانية بالدور الذي لعبه في هزيمة النظام النازي في نهاية المطاف. هي طائرة بهلوانية للغاية حققت مكانة وشعبية رائعة بسبب الجناح بيضاوي الشكل المميز.

إن De Havilland Dash 8 Q400 هي طائرة ركاب إقليمية تسع 80 مقعدًا مع محركين تربينيين كبيرين ,إنه مصمم بجناح رفيع طويل يساعده في الوصول إلى سرعة طيران تصل إلى 350 عقدة.

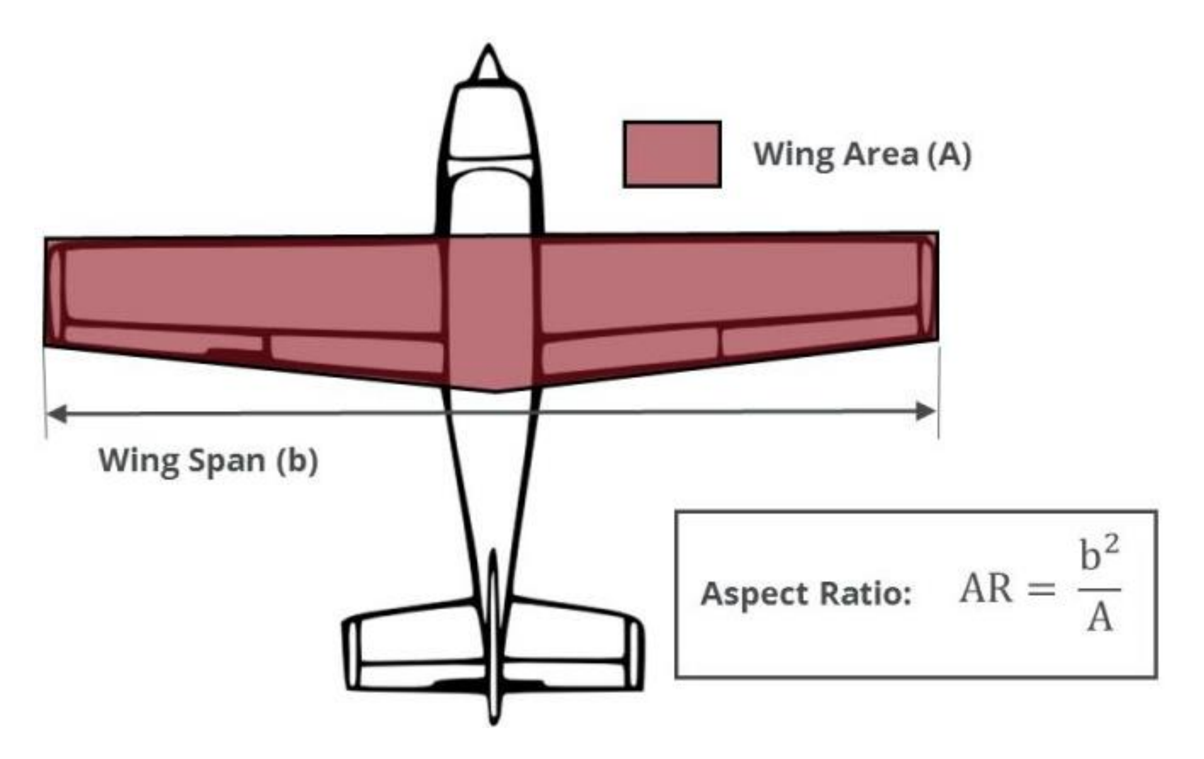
لا تحتاج طائرة بوينج 747-400 إلى شرح ؛ لقد كانت تنقل الركاب في رحلات طويلة عبر القارات المختلفة منذ عام 1970. يتمتع الجناح B747 بميزة رائدة ثلاثية الأجنحة وهي متحركة .

الطائرة الأخيرة في دراستنا هي Dassault Mirage 2000. هذا مقاتلة من الجيل الرابع ذات محرك واحد قادرة على سرعات أكبر من ضعف سرعة الصوت (Mach 2.2). الجناح هو الثلاثي أو شكل دلتا.

دعنا الآن نحصل على قدر أكبر من العلم في المصطلحات التي نستخدمها لوصف كل جناح.

تعتبر الجناح الجناح ونسبة العرض إلى الارتفاع اعتبارات أساسية عند تصميم طائرة دون سرعة الصوت (كل شيء من C172 إلى Dash 8 Q400 الموضح أعلاه). يصبح اكتساح Sweeping (زاوية للجناح) الأجنحة مهمًا بمجرد أن تبدأ الطائرة في الاقتراب من السرعات فوق الصوتية والأسرع من الصوت (B747 و Mirage 2000).

مساحة الجناح Wing area هي سمة هندسية أساسية ويتم اعتبارها ببساطة مساحة سطح لوح للجناح. مخطط للطائرة يوضح تعريف منطقة الجناح :



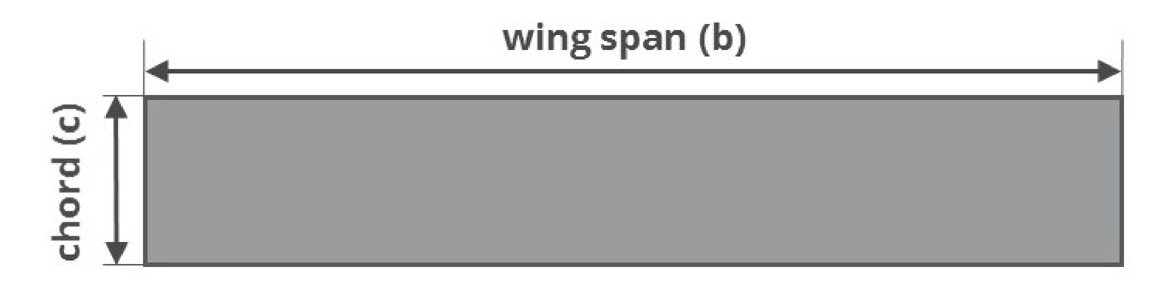
لاحظ أن قسم جسم الطائرة الذي تم من خلاله تثبيت الجناح مدرج في حساب مساحة الجناح.

نسبة العرض إلى الارتفاع Aspect ratio هي نسبة امتداد الجناح span of the wing إلى وتره chord .

اذا كانت الاجنحة (Low aspect ratio) سوف تكون قصيرة وسميكة , في حين أن الأجنحة ذات نسبة العرض إلى الارتفاع مرتفعة تكون طويلة.

معظم أجنحة الطائرات ليست مستطيلة تمامًا ، لذا يلزم إجراء القليل من المعالجة لصياغة معادلة ملائمة لحساب نسبة العرض إلى الارتفاع بسرعة وسهولة. ثم يتم احتساب نسبة العرض إلى الارتفاع ببساطة عند تربيع امتداد الجناح ، مقسومًا على مساحة الجناح.

الشكل التالي يوضح ما ذكرنا سابقا :

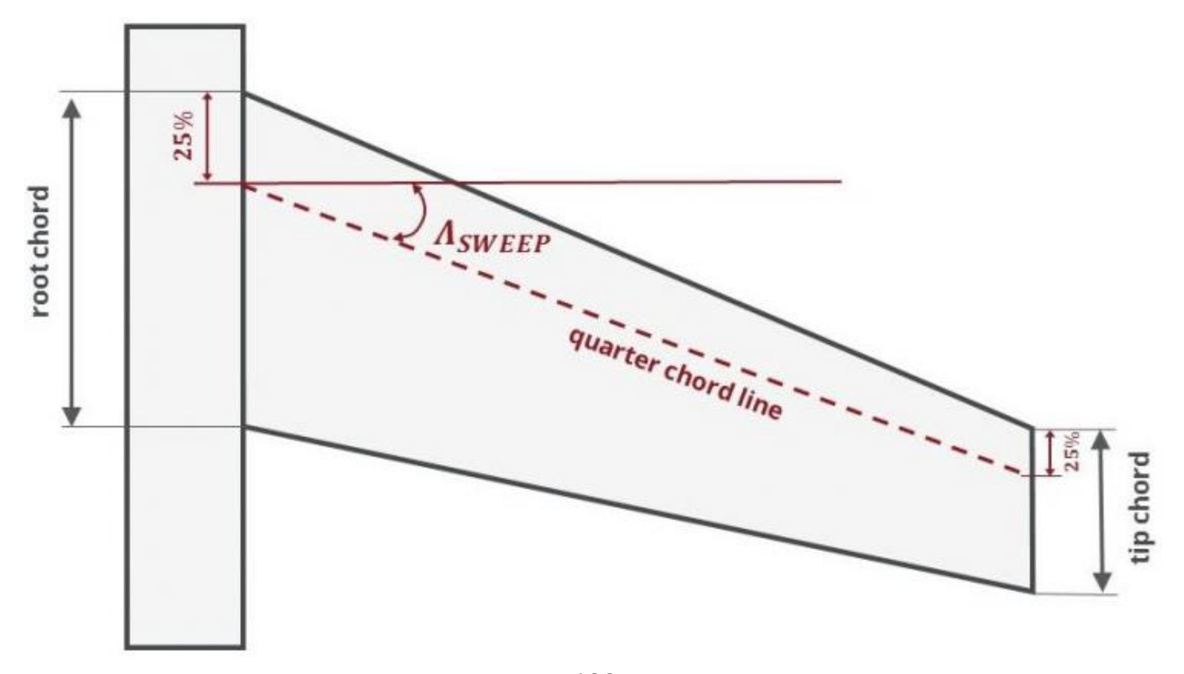


Aspect Ratio: $\mathrm{AR} = \frac{b}{\mathrm{c}} = \frac{b}{c} \times \frac{b}{b} = \frac{b^2}{A}$

ومن الخصائص الهامة في الجناح هي زاوية الاجتياح – المائلة (sweep angle) هي الزاوية التي يتم بها انزلاق الجناح للخلف (أو أحيانًا للأمام) بالنسبة إلى وتر الجذر root chord للجناح.

زاوية الاجتياح الأكثر شيوعًا التي يقتبسها مصممو الطائرات هي زاوية quarter chord sweep angle ويتم حسابها من خلال إيجاد الزاوية بين جذر الجناح وترأس طرف الجناح wing root and wing tip quarter chord (25٪ من الوتر المعني تقاس من الحافة الأمامية leading edge).

من الأسهل وصف كيفية تحديد زاوية المسح من خلال رسم تخطيطي وهو مبين في الشكل ادناه:



الآن وقد أصبحت على دراية بمفاهيم مساحة الجناح ونسبة العرض إلى الارتفاع وزاوية المسح ، يتيح لك تجميع هذه المعرفة الجديدة معًا ودراسة تأثير هذه المتغيرات على الأداء الكلي للجناح والطائرة.

يوجد أدناه جدول يحتوي على بعض الخيارات الخاصة بالكتلة mass والجناح لمجموعة واسعة من الطائرات التي تبدأ من طراز Cessna 172 وتنتهي بطائرة Airbus A380-800 . يوجد في الجدول الحد الأقصى لوزن الإقلاع maximum takeoff weight ، ومساحة الجناح wing area ، ونسبة العرض إلى الارتفاع aspect ratio وسرعة الرحلات النموذجية typical cruise velocity. ستلاحظ أيضًا إضافة على الأعمدة تسمى wing loading وهو ببساطة الوزن الأقصى للطائرة مقسومًا على مساحة الجناح.

سندرس في تحميل الجناح wing loading بمزيد من التفاصيل لاحقا , ولكن في الوقت الحالي يمكنك التفكير في الأمر كقياس لكثافة الرفع للجناح أو مدى صعوبة عمل مساجة الجناح المتاحة للحفاظ على الطائرة في الهواء.

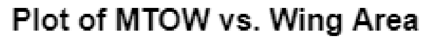
Aircraft	Maximum Takeoff Weight (MTOW)			Wing Area (A)		Wing Loading (MTOW/A)		Aspect Ratio	Cruise Velocity (Kts)
	MTOW (kg)	MTOW (lbs)	MTOW (US ton)	m^2	ft^2	kg/m^2	lbs/ft^2		
C172S	1157	2551	1.2754	16.2	174.4	71.4	14.63	7.32	122
C210	1814	3999	1.9996	16.23	174.7	111.8	22.89	7.73	193
Beech Baron	2313	5099	2.5496	18.5	199.1	125.0	25.61	7.19	180
Piaggio Avanti II	5239	11550	5.7750	16	172.2	327.4	67.06	12.30	395
Kingair B200	5670	12500	6.2501	28.2	303.5	201.1	41.18	9.78	289
Do328	13990	30843	15.4213	40	430.6	349.8	71.63	11.00	335
Do328Jet	15660	34524	17.2622	40	430.6	391.5	80.19	11.00	405
ERJ 145	24100	53131	26.5657	51.2	551.1	470.7	96.41	7.84	470
Dash 8 Q400	29260	64507	32.2536	63.1	679.2	463.7	94.97	12.78	360
Superjet 100	49450	109018	54.5092	84	904.2	588.7	120.57	9.20	469

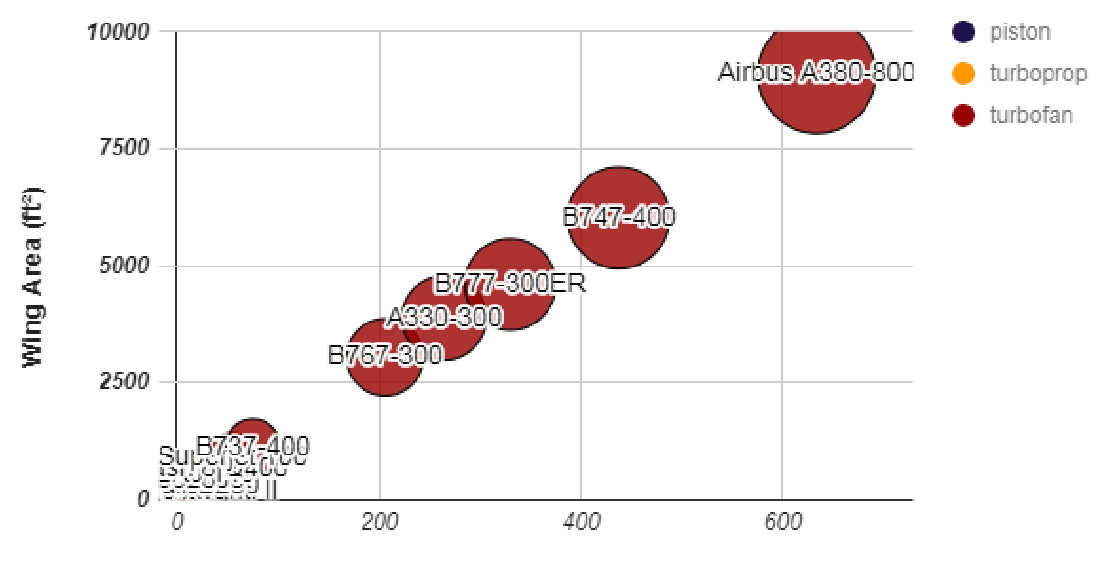
B737-400	68000	149914	74.9571	105.4	1134.5	645.2	132.14	7.91	440
B767-300	186880	411999	205.9997	283.3	3049.4	659.7	135.11	8.00	470
A330-300	240000	529109	264.5544	361.6	3892.2	663.7	135.94	10.06	470
B777-300ER	299370	659997	329.9985	427.8	4604.8	699.8	143.33	9.82	490
B747-400	396890	874992	437.4958	560	6027.8	708.7	145.16	7.40	493
Airbus A380-800	575000	126765 7	633.8283	845	9095.5	680.5	139.37	7.5	490

- مساحة الجناح Wing Area

تعلم من خلال قراءة القوى الأساسية التي تعمل على الطائرة أن الجناح مسؤول عن إنشاء قوة الرفع المصممة لمواجهة ثقل الطائرة. لذلك من المنطقي أنه كلما كانت الطائرة أثقل ، كلما كبر حجم الجناح المطلوب لإبقائه في السماء.

في الواقع ، توجد علاقة خطية واضحة بين تصميم مساحة الجناح وأقصى وزن للإقلاع على طول الطريق من Cessna 172 إلى Airbus 380-800.





هذه نتيجة مفيدة حقًا لأي شخص يحاول تصميم جناح لطائرة جديدة لأنه يوفر نقطة انطلاق ملائمة عند تغيير ابعاد الجناح , إذا كان لديك وزن الإقلاع الأقصى التقريبي ، فيمكنك تقدير مساحة الجناح التقريبية المطلوبة! (ن هنا يجب ان تدرك اهمية دراسة الديناميكة الهوائية).

ولكن بالطبع ، يعد تغيير ابعاد الجناح بهذه الطريقة أمر قديم جدًا ويجب استخدامه فقط كنقطة انطلاق في تصميم الجناح الخاص بك. ستحتاج إلى أن تأخذ في الاعتبارات المهمة (مجموعة من المتطلبات) التي تم تصميم الطائرة بها وبناء جناحك بهدف إنجاز هذه المهمة.

أحد متطلبات التصميم الشائعة جدًا المحددة هي سرعة رحلة الطائرة cruise speed . دعنا ندرس كيف يؤثر هذا على تصميم الجناح .

من البديهي تمامًا أنه كلما كبر الجناح كلما زاد السحب drag الذي ينتج عنه حيث يوجد عائق أكبر أمام تدفق الهواء حول الطائرة. نعلم الآن أيضًا أنه كلما كانت الطائرة أثقل ، كلما كبر حجم الجناح المطلوب لدعم الوزن أثناء الطيران.

لذلك إذا أردنا أن ننظر في تأثير سرعة الرحلات على مساحة الجناح ، فإننا بحاجة إلى طريقة لمراقبة كل طائرة حتى نتمكن من مقارنتها مباشرة دون القلق بشأن تأثير وزن الطائرة على ابعاد الجناح

يتم ذلك عن طريق قسمة وزن الطائرة على مساحة الجناح لإنتاج عامل يعرف باسم تحميل الجناح Wing Loading . هذا يعطي إشارة لكثافة الرفع للجناح lift density of the wing ؛ مقدار الرفع الذي يجب إنتاجه بواسطة كل وحدة مساحة في الجناح حتى تبقى الطائرة محمولة جواً.

يقل وزن الطائرة أثناء طيرانها (نتيجة حرق الوقود) كما تختلف الحمولة في كل رحلة. من المريح إذن استخدام الحد الأقصى لوزن الإقلاع عند حساب تحميل الجناح لأن هذه قيمة ثابتة لكل طائرة.

يوجد أدناه تباين في تحميل الجناح wing loading (المحور السيني) مع سرعة الحركة cruise speed (المحور ص). ومن الواضح أن الطائرات ذات السرعات العالية في الرحلات الجوية تتطلب جناحًا أكثر تحميلًا highly loaded wing .

هذا أمر منطقي عندما تفكر في الأمر: من أجل أن تنطلق بكفاءة عالية بسرعة تريد أن يكون جناحك صغيرًا قدر الإمكان للحفاظ على سحب الرحلة إلى أدنى حد ممكن. في الحقيقة ، سوف نظهر في درس لاحق أن السحب هو في الواقع مربع سرعة الهواء .

Plot of Wing Loading vs. Cruise Speed

Cruise Speed (KTAS)

Wing Loading (lbs/ft²)

piston
turboprop
turbofan

دعنا نقارن تحميل الجناح wing loading لعدد قليل من الطائرات في قائمتنا:

يعد كل من Beech Baron و Cessna 210 كلاهما من ستة طائرات طيران عالية الأداء. يحتوي Cessna 210 على محرك مكبس واحد بينما يكون Beech Baron مزدوجا . لديهم تحميل متطابق تقريبا للجناح ولكن تكوين المحرك المزدوج Beech Baron يعني أنه أثقل قليلاً ، ونتيجة لذلك لديه جناح أكبر قليلاً من أجل حمل هذا الوزن الزائد.

Aircraft	Maximum Takeoff Weight (MTOW)			Wing Area (A)		Wing Loading (MTOW/A)		Aspect Ratio	Cruise Velocity (Kts)
	MTOW (kg)	MTOW (lbs)	MTOW (US ton)	m²	ft²	kg/m²	lbs/ft²		
C210	1814	3999	1.9996	16.23	174.7	111.8	22.89	7.73	193
Beech Baron	2313	5099	2.5496	18.5	199.1	125.0	25.61	7.19	180



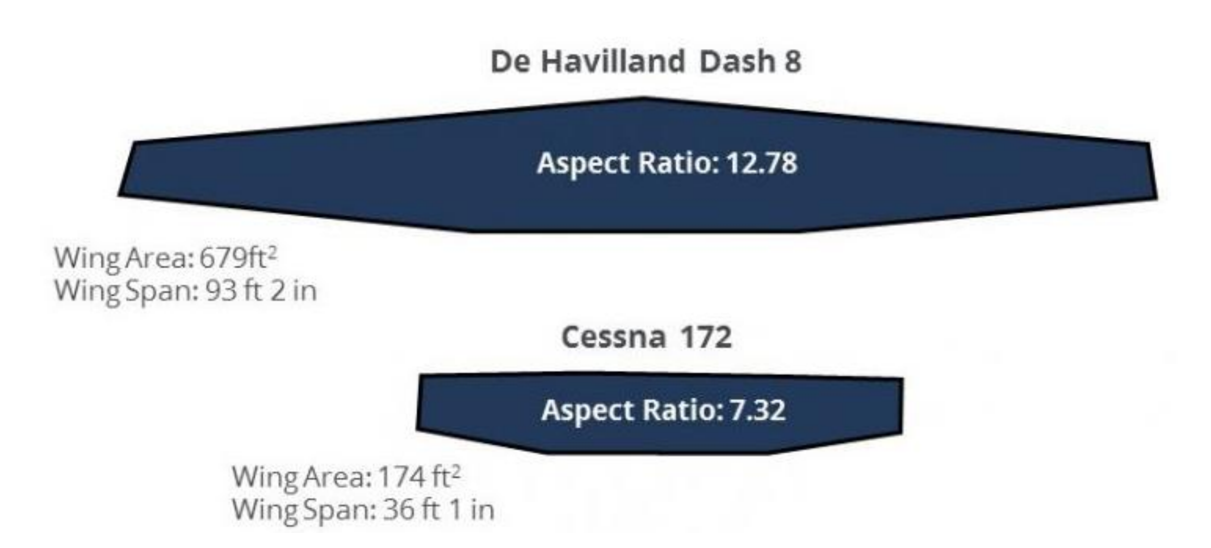


- نسبة العرض إلى الارتفاع Aspect Ratio

الآن وبعد أن قمنا بتغطية مساحة الجناح ، دعنا ننتقل إلى الخاصية المهمة الثانية: نسبة العرض الى الارتفاع. ان نسبة العرض إلى الارتفاع هي مقياس النسبة بين امتداد الجناح span of the wing إلى وتره chord.

أن نسبة العرض إلى الارتفاع يتم حسابها بشكل شائع عن طريق تقسيم مربع امتداد الجناح على مساحة الجناح المرجعي. يمكنك الرجوع إلى الصورة السابقة في هذا الدرس حيث تظهر صياغة المعادلة لحساب نسبة الارتفاع.

دعنا ننظر إلى de Havilland Dash 8 Q400 و Cessna 172. كلا الجناحين تقليديان إلى حد ما مع بعض التفتت والقليل أو بدون اكتساح sweep . يوفر هذا مثالًا واضحًا على تأثير نسبة العرض إلى الارتفاع على مظهر الجناح. تبلغ نسبة العرض إلى الارتفاع للجناح Cessna 172 قيمة 7.32 اما Dash 8 فهي



لماذا يتم تصميم هاتين الطائرتين مع هذا التباين الكبير في نسبة العرض إلى الارتفاع؟ الفكرة الأولى هي إلقاء نظرة على سرعات التصميم الخاصة بكل منها. تتمتع Cessna بسرعة تصل إلى 122 عقدة (KTAS) ، في حين أن Dash 8 أسرع بكثير في 360 عقدة .

لشرح سبب ضرورة زيادة النسبة بسرعة أعلى نحتاج إلى تقديم معادلة السحب الأساسية للجناح. نحن ندخل في مزيد من التفاصيل فيما يتعلق بسحب الجناح ولكن الآن سنقدم فقط صيغة السحب ونقدم مقدمة سريعة لمكوناته المختلفة:

يمكن تقسيم drag الجناح على نطاق واسع إلى عنصرين zero-lift drag و lift induced drag

السحب الصفري zero-lift drag (غالبًا ما يُطلق عليه أيضًا parasitic drag) هو السحب الموجود نتيجة لتحريك الجسم عبر وسيط. في حالة وجود طائرة ، هذه الوسيلة هي الهواء.

يشبه ذلك المقاومة التي تشعر بها على جسمك عند السباحة ، على الرغم من أن كثافة الماء تبلغ 1000 ضعف كثافة الهواء. الكثافة الأكبر بكثير تجعل تصور هذه الظاهرة في الماء أسهل من الهواء. بدوره من عدد من المكونات المختلفة مثل سحب النماذج وسحب الاحتكاك وسحب التداخل form drag, friction drag and interference drag سندرسهم لاحقا , الاسم المعطى لهذه المكونات هو السحب بدون رفع حيث يتم تطوير قوة السحب هذه كنتيجة لشكل الطائرة.

$$C_D = C_{D0} + C_{DI}$$

C_D Drag Coefficient (total drag)

C_{D0} Zero Lift Drag Coefficient (parasitic drag)

C_{DI} Lift Induced Drag Coefficient

المكون الرئيسي الثاني هو lift-induced drag هذه هي قوة السحب الناتجة كنتيجة لتوليد الرفع. على نطاق واسع ، يخلق الجناح قوة رفع نتيجة لاختلاف الضغط الموجود بين السطح العلوي والسفلي للجناح. يؤدي الانحناء على السطح العلوي للجناح إلى انخفاض في الضغط بالنسبة للسطح السفلي الذي ينشئ تدرج ضغط بين الاثنين. ينتقل الهواء دائمًا من الضغط العالي نسبيًا إلى منطقة الضغط المنخفض (وهذا هو السبب في أننا نواجه الرياح حيث توجد اختلافات الضغط المحلي على منطقة جغرافية) ينتج عن اختلاف الضغط هذا بين سطحي الجناحين قوة تصاعدية نشير إليها بالرفع. عند طرف الجناح ، لا يزال هناك فرق ضغط بين السطحين ، ولكن لا يوجد الآن ما يعوق حركة الهواء من السطح السفلي إلى الأعلى. هذا يتسبب في تدحرج الهواء على السطح السفلي وفوق السطح العلوي وتشكيل دوامة قمة الجناح على طرف كل جناح ينتشر من خلال الغلاف الجوي مما ينتج عنه مقاومة مستحثة للرفع (قوة السحب) لحركة الطائرة عبر الغلاف الجوي.

إجمالي قوة السحب التي يسببها الرفع هي وظيفة من مربع معامل الرفع للجناح square of lift coefficient of the wing يمكن اعتبار معامل الرفع مؤشراً على مدى صعوبة عمل الجناح لإنتاج الرفع المطلوب. يتم زيادة معامل الرفع عن طريق زيادة زاوية هجوم الجناح أو تغيير انحناء الجناح من خلال نشر اللوحات flaps كما تراها أثناء الهبوط.

ستلاحظ أيضًا أن قيمة السحب الناجم عن الرفع يتناسب عكسًا مع نسبة العرض إلى الارتفاع. لذلك كلما زادت نسبة العرض إلى الارتفاع ، تنخفض قوة السحب الناتجة عن الرفع.

$$C_{DI} = k\frac{(C_L)^2}{AR}$$

C_L Lift Coefficient

AR Aspect Ratio

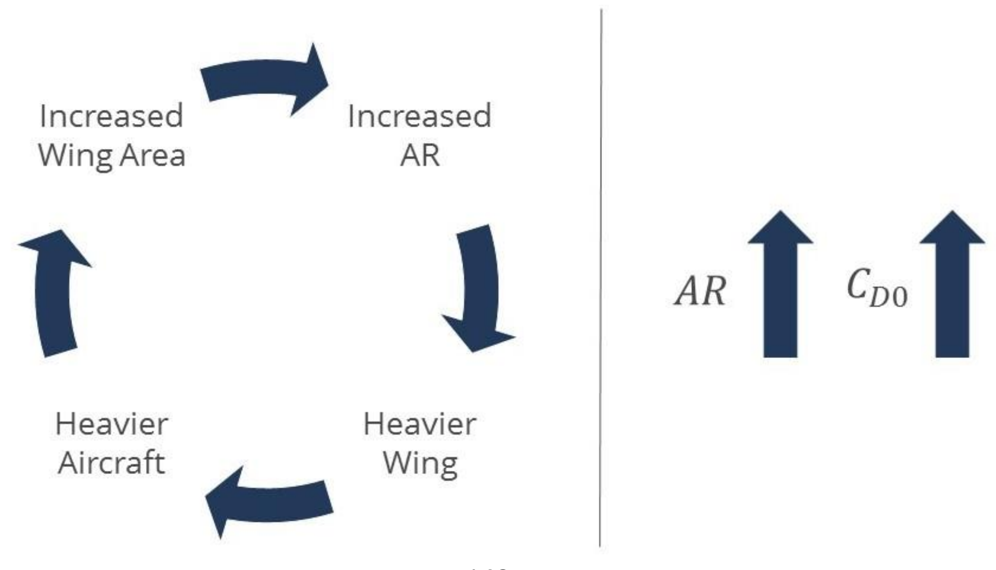
استنادًا إلى المعادلة المذكورة أعلاه ، قد تفترض بعد ذلك أن الإجابة على تقليل السحب إلى الحد الأدنى تكمن ببساطة في إنشاء جناح مع أكبر aspect ratio ممكنة.

لكن للأسف ليس هو الحال كما هو الحال مع كل الأشياء في الحياة هناك مفاضلات يجب مراعاتها. الأول هو أنه كلما ارتفعت نسبة العرض إلى الارتفاع ، زاد امتداد الجناح لمساحة الجناح الثابتة. يتحمل الجناح مسؤولية توليد قوة الرفع التي تبقي الطائرة في الهواء ، وتؤدي نسبة الارتفاع إلى الارتفاع إلى زيادة الوزن في الجناح حيث يجب تعزيز الهيكل لحمل وقت الثني الإضافي bending moment الذي يحدثه المدى الطويل.

ينتج عن الجناح الأثقل طائرة أثقل مما يعني أنه يجب إما تقليل الحمولة الصافية أو زيادة الحد الأقصى لوزن الإقلاع ، مما ينتج عنه جناح أكبر والحاجة إلى مساحة إضافية للجناح.

يتضح ذلك بشكل أفضل من خلال مخطط حلقة مغلقة يُظهر اللغز الذي يواجهه مهندس الطيران عند تصميم جناح جديد. لكن هذا ليس كل شيء. هناك جانب آخر يجب فحصه أيضًا: ينتج عن الجناح ذي نسبة العرض إلى الارتفاع زيادة في السحب ذي الرفع الصفري zero-lift drag .

رسم تخطيطي يوضح المفاضلات المرتبطة بزيادة مساحة الجناح ونسبة العرض إلى الارتفاع:



من الواضح أن هناك مفاضلة ستؤدي إلى نسبة العرض إلى الارتفاع المثلى حيث يكون السحب الإجمالي (zero-lift + lift-induced) بحد أدنى للسرعة في التصميم.

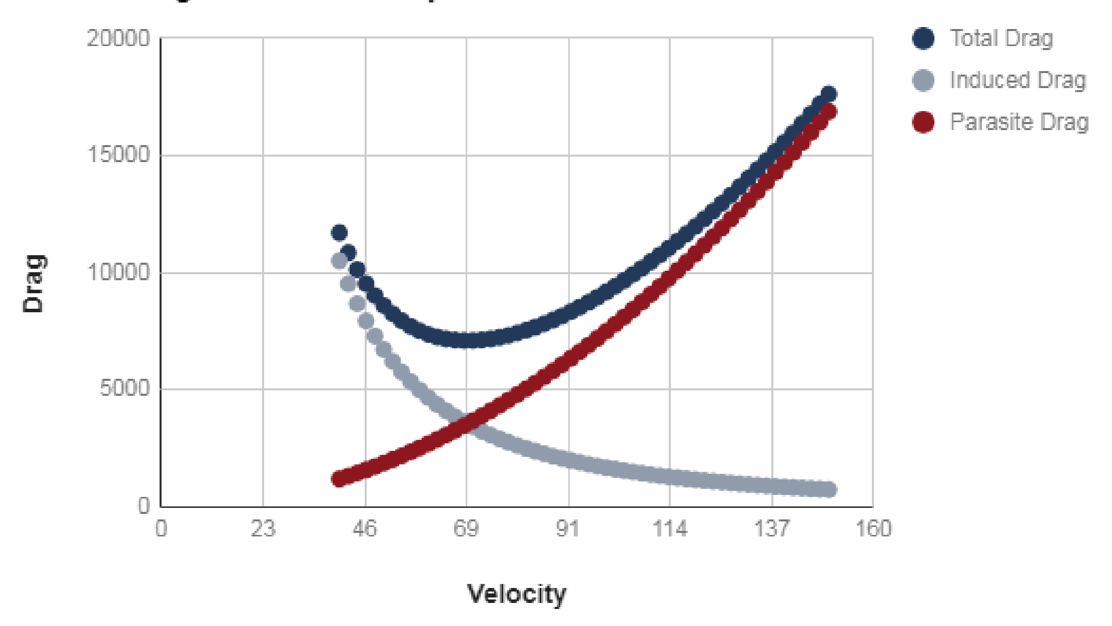
هذا يقودنا بشكل جيد إلى مفهوم منحنى السحب drag curve الذي يمثل مع السحب الكلي الذي تنتجه الطائرة كاقتران للسرعة. وهنا يصبح من المفيد حقًا كسر السحب إلى مكونين: zero-lift and induced drag component.

سوف تتعلم كيفية إنشاء هذا الرسم البياني الأساسي عندما ننظر إلى سحب النماذج الرياضية mathematically modelling drag في هذا الكتاب . وفي الوقت الحالي ، سنركز فقط على العلاقة بين السرعة ومكونات السحب كما ترون ، يزداد parasite drag أضعافا مضاعفة مع السرعة بالنظر إلى induced drag line ستلاحظ انخفاضه أضعافا مضاعفة مع السرعة.

وذلك لأن السرعة الإضافية فوق الجناح تعني أن الجناح يمكنه إنتاج المصعد المطلوب لإبقاء الطائرة محمولة في زاوية سفلية للهجوم ، مما يقلل بدوره من معامل الرفع للجناح ، مما يقلل من عنصر السحب الناجم عن الرفع.

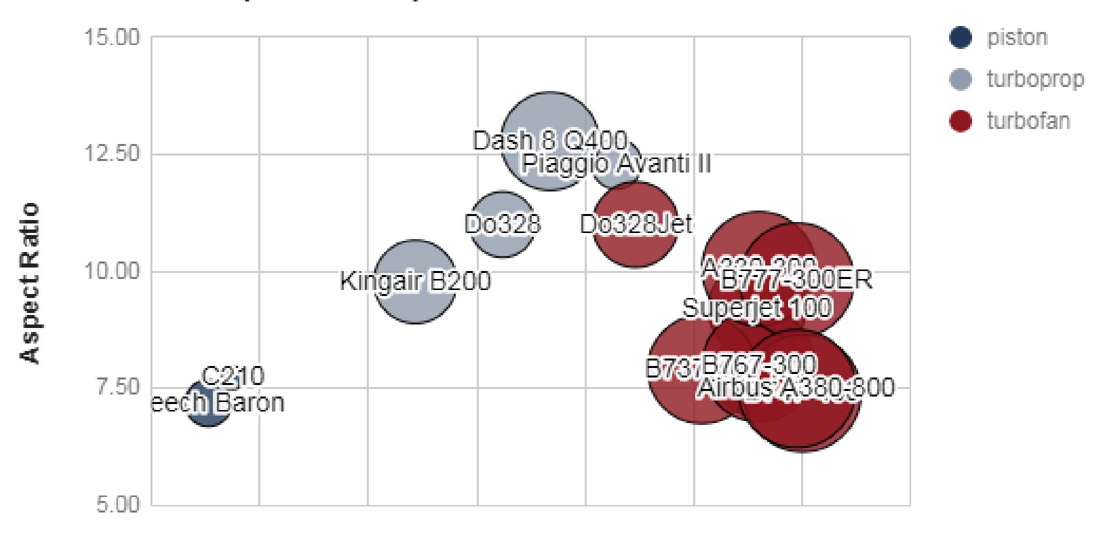
السحب الإجمالي total drag هو ببساطة مجموع مكوّني السحب ويستند إلى الصيغ التي ستقدم سحب أدنى عند سرعة معينة.

يمكنك الإشارة إلى هذه النقطة بأنها في أسفل دلو السحب. من المنطقي أن تصمم الطائرة لتتنقل عند نقطة السحب الدنيا أو بالقرب منها وتُعد نسبة العرض إلى الارتفاع المتغيرة إحدى الطرق للقيام بذلك. تجدر الإشارة إلى أنه في هذه المرحلة ، توجد مفاضلة أخرى بين التقليل إلى أدنى حد من السحب أثناء الرحلة وتوفير مساحة جناح كافية للسماح للطائرة بالإقلاع والهبوط بأمان.



الآن مع كل المعرفة التي اكتسبتها ، سنقدم لك الرسمة النهائية لهذا الغرض. هنا يتم رسم نسبة العرض إلى الارتفاع لقائمة الطائرات الخاصة بنا مع السرعات . كما تتوقع من ما تعلمته حول نسبة العرض إلى الارتفاع ، كلما كانت الطائرة تطير بشكل أسرع ، كلما ارتفعت نسبة العرض إلى الارتفاع. هذا صحيح.

ولكن قد يصل إلى 360 عقدة في رحلات Dash 8. فجأة عندما تتجاوز سرعة الرحلة 360 عقدة ، تنخفض نسبة العرض إلى الارتفاع للطائرة المتبقية انخفاضًا حادًا حتى نصل إلى موقف تكون فيه نسبة العرض إلى الارتفاع من طراز بوينج 747-400 تقريبًا مثل Cessna 172.



ما تراه هو تأثير الاقتراب من سرعات transonic cruise speeds الجوية حيث يكون wing sweep للجناح ضروريًا لتقليل آثار الانضغاط وتشكيل موجة الصدمة shock wave على الجناح.

مع اقتراب الطائرة من سرعات transonic cruise (التي تتجاوز سرعاتها ماخ 0.75) ، يؤدي الانحناء على سطح الجناح العلوي إلى إنتاج مناطق من التدفق تعرف باسم sonic flow هنا يكفي القول أنه عند السرعات التي تفوق 360 KTAS ، يصبح السحب المتزايد نتيجة الاقتراب من سرعة الصوت (السحب الموجي wave drag) هو المساهم المهيمن في السحب الإجمالي للجناح.

ميلان الجناح للخلف Sweeping a wing backwards (مع الحفاظ على ثبات مساحة الجناح) سيؤدي إلى تناقص امتداد الجناح مما يقلل من نسبة العرض إلى الارتفاع. كلما زادت سرعة الطيران ، زادت مساحة مسح الجناح المطلوبة وتقل نسبة العرض إلى الارتفاع الناتجة.

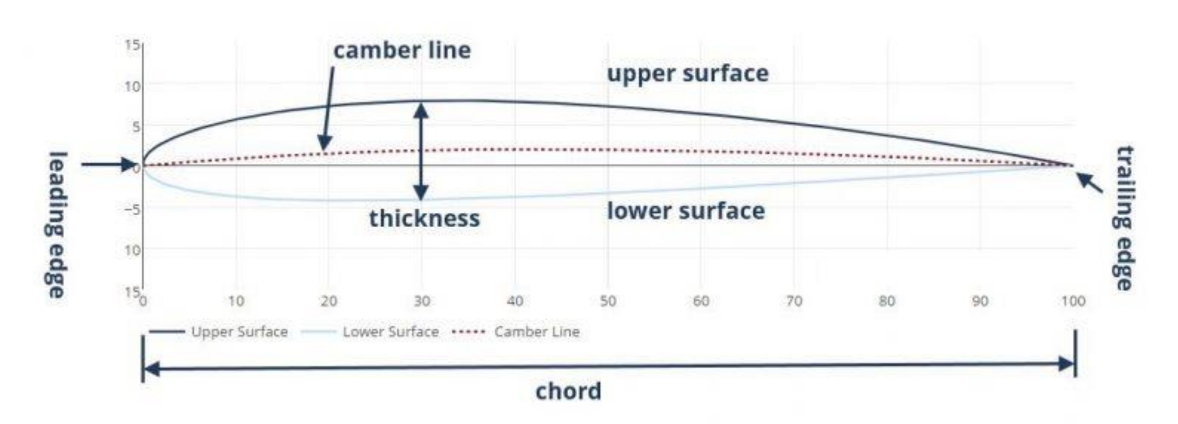
كلما كنا أسرع في الطيران ، يلزمنا تخفيض نسبة العرض الى الارتفاع الناتج . تطير Dash 8 ببطءٍ يكفي لدرجة لا داعي للقلق بشأن تأثيرات ارتفاع transonic drag , وهذا هو السبب في أنه يحتوي على عدد قليل جدًا من sweep وجناح ذي نسبة عرض إلى ارتفاع عالية.

بينما لا تستخدم Cessna 172 جناح نسبة العرض إلى الارتفاع العالي لأن مساحة الجناح الإضافية (parasitic drag increase) المطلوبة لدعم نسبة العرض إلى الارتفاع أكثر تلغي تقليل السحب الناتج عن الرفع الذي توفره نسبة العرض إلى الارتفاع.

نظرًا لأنك بلا شك قادر على التقدير ، فإن تصميم الجناح يمثل مهمة معقدة حيث يجب إجراء مقارنات لإحدث طائرة تحقق أفضل أداء للمهمة التي صممت للقيام بها.

وسننظر عن كثب في تأثيرات مسح الجناح wing sweep وقابلية الانضغاط compressibility وارتفاع السحب المرتبط بالطيران بسرعات transonic and supersonic speeds .

ربما تواجه صعوبة في تجميع التسميات التي ذكرناه سنجمع المكونات اعلاه على الجناح لتدرك اماكن ومعاير التصميم المهمة . انظر الصورة أدناه التي توضح عددًا من التعريفات الأساسية المرتبطة عادةً بتسمية الجناح:



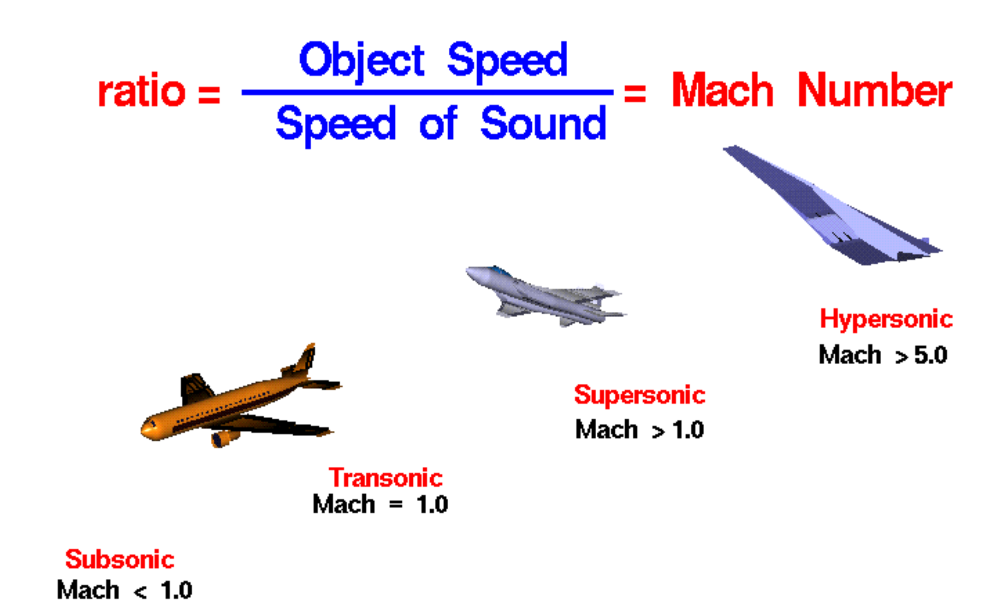
يسمى الجزء الأمامي من الجنيح الحافة الأمامية leading edge والخلفية الحافة الخلفية trailing edge. تجتمع الأسطح العلوية والسفلية لجريان الهواء عند الحواف الأمامية والسفلية.

يُعرف طول الجناح من leading إلى الحافة الخلفية trailing edge باسم وتر الجنيح airfoil chord. هذا غالبًا ما يختلف أسفل الجناح حيث يتناقص الجناح من الجذر root إلى الحافة tip.

سماكة الجناح هي خاصية تصميم مهمة للغاية ويتم التعبير عنها دائمًا كنسبة مئوية من إجمالي الوتر. يحتوي الجنيح المرسوم أعلاه على نسبة سمك إلى وتر thickness-to-chord ratio بنسبة 12٪. هذا يعني أن القسم الأكثر سمكًا لديه ارتفاع يساوي 12٪ من إجمالي طول الوتر .

والخاصية المهمة camber هو مقياس التماثل بين السطح العلوي والسفلي upper and lower surface يتم تقديم Camber بشكل عام إلى الجناح لزيادة معامل الرفع الأقصى ، مما يقلل بدوره من سرعة سقوط الطائرة. خط الحدبة camber هو خط مرسوم بشكل متساوٍ بين السطح العلوي والسفلي في جميع النقاط على طول الوتر.

▪ رقم ماخ Mach number



عندما تتحرك طائرة عبر الهواء ، جزيئات الهواء بالقرب من الطائرة وتتحرك حول الطائرة. إذا كانت الطائرة تمر بسرعة منخفضة ، وعادة أقل من 250 ميل في الساعة ، فإن كثافة الهواء تبقى ثابتة.

ولكن بالنسبة للسرعات الأعلى ، فإن بعض طاقة الطائرة تذهب إلى ضغط الهواء وتغيير كثافة الهواء محليًا. يغير تأثير الانضغاط مقدار القوة الناتجة على الطائرة. يصبح التأثير أكثر أهمية مع زيادة السرعة. بالقرب من سرعة الصوت ، حوالي 330 م / ث أو 760 ميل في الساعة ، تنتقل الاضطرابات الصغيرة في التدفق إلى مواقع أخرى بشكل isentropically أو مع إنتروبيا entropy ثابتة. لكن الاضطراب الحاد يولد موجة صدمة shock wave تؤثر على كل من رفع وسحب الطائرة.

تحدد نسبة سرعة الطائرة إلى سرعة الصوت في الغاز قيمة العديد من تأثيرات الانضغاط. نظرًا لأهمية نسبة السرعة هذه ، قام علماء الديناميكة الهوائية بتخصيصها بمعلمة خاصة تسمى

رقم Mach تكريماً لـ Ernst Mach . وهو فيزيائي في أواخر القرن التاسع عشر درس ديناميكة الغاز. يسمح لنا رقم Mach M بتحديد أنظمة الطيران التي تتنوع فيها تأثيرات الانضغاط.

السرعات التي يتم دراستها في الديناميكة الهوائية :

1 – Subsonic

تحدث الظروف لأعداد Mach أقل من واحد ، $M < 1$. لأدنى الظروف دون سرعة الصوت ، يمكن تجاهل الانضغاطية.

بالنسبة لسرعات الطائرة التي تقل كثيرا عن سرعة الصوت ، يُقال إن الطائرة أقل من سرعة الصوت. السرعات النموذجية للطائرة دون سرعة الصوت أقل من 250 ميل في الساعة ، ورقم ماخ M أقل بكثير من واحد ، $M \ll 1$. بالنسبة للطائرات دون سرعة الصوت ، يمكننا إهمال تأثيرات الانضغاط وتبقى كثافة الهواء ثابتة تقريبًا.



أول طائرة تعمل بالطاقة لاستكشاف هذا النظام كانت نشرة رايت براذرز 1903. تواصل الطيران العام الحديث وخطوط ركاب الطيران في هذا النظام السرعة. في مثل هذه السرعات

المنخفضة ، توفر المراوح نظام دفع فعال للغاية في استهلاك الوقود. على الشريحة ، نعرض طائرة شحن C-130 مدعومة بأربعة محركات توربينية. أجنحة الطائرة دون سرعة الصوت عادة ما تكون مستطيلة الشكل ومصنوعة من الألمنيوم خفيف الوزن ، على الرغم من أن Wrights استخدم الخشب والقماش في بناء الجناح.

transonic – 2

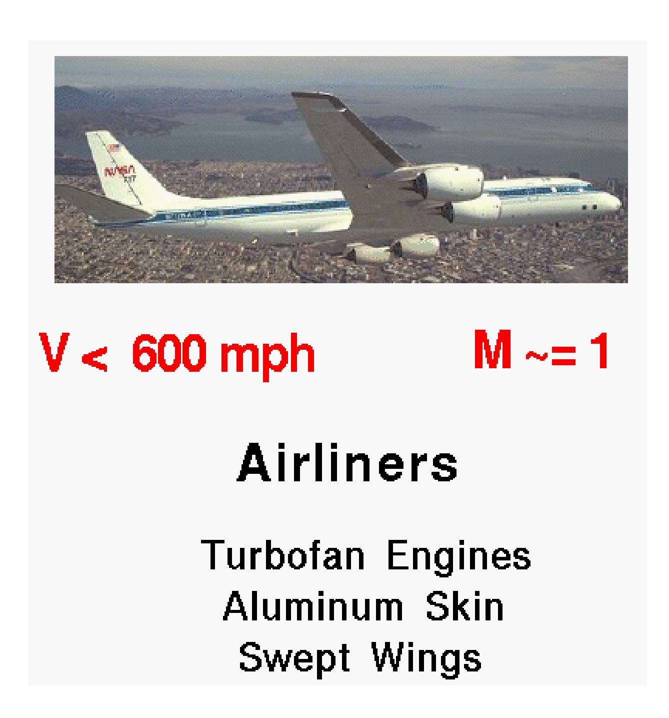
مع اقتراب سرعة الكائن من سرعة الصوت ، يكون عدد ماخ ما يقرب من واحد ، M = 1 ، ويقال إن التدفق يكون transonic.

كان يعتقد أن الطيران أسرع من الصوت أمر مستحيل. في الواقع ، لم يكن حاجز الصوت سوى زيادة في السحب بالقرب من الظروف الصوتية بسبب تأثيرات الانضغاطية. بسبب السحب العالي المرتبط بآثار الانضغاط ، لا تنطلق الطائرات بالقرب من Mach 1.

بالنسبة لسرعات الطائرة التي تكون قريبة جدًا من سرعة الصوت ، يُقال إن الطائرة ذات transonic .

السرعات النموذجية للطائرة ذات الموجات فوق الصوتية أكبر من 250 ميل في الساعة ولكن أقل من 760 ميل في الساعة ، ورقم ماخ M يساوي تقريبًا واحد ، M ~ = 1. في حين أن الطائرة نفسها قد تكون أقل من سرعة الصوت ، فإن الهواء المحيط بالطائرة يتجاوز سرعة الصوت في بعض المواقع على الطائرة. في المناطق التي يكون فيها سرعة الهواء المحلية قريبة أو أكبر من سرعة الصوت ، نواجه تأثيرات انضغاطية وقد تختلف كثافة الهواء بسبب موجات الصدمات أو التوسعات expansions أو flow choking .

كانت أول طائرة تعمل بالطاقة لاستكشاف هذا النظام هي المقاتلات عالية الأداء في الحرب العالمية الثانية.



يبدو أن هذه الطائرة واجهت حاجزًا صوتيًا زاد السحب فيه بشكل أسرع من thrust كانت هناك تكهنات في منتصف عام 1940 بأن الرحلة المأهولة لم تكن ممكنة بسرعات أسرع من سرعة الصوت ، على الرغم من أن سرعة رصاص البنادق أسرع من الصوت.

بطبيعة الحال ، أثبتت رحلة X-1A في عام 1947 أن الناس يمكن أن تطير أسرع من الصوت ، يمكن لأي شخص لديه ما يكفي من المال الطيران أسرع من الصوت.

كما ذكر أعلاه ، على الرغم من أن الطائرات الحديثة تطير عادة عند حوالي M = 0.85 ، فإن التدفق فوق الأجنحة يكون فوق صوتي أو أسرع من الصوت transonic or supersonic .

يزداد السحب بشكل كبير مع اقتراب الطائرة من Mach 1 ، بحيث تستخدم الطائرات أنظمة الدفع التوربينية الغازية المرتفعة.

نعرض اعلاه طائرة ركاب من طراز DC-8 تعمل بأربعة محركات توربينية. يتم عادةً سحب أجنحة الطائرات في شكل swept لتقليل السحب عبر الصوت.

بالنسبة لأعداد Mach أقل من 2.0 ، يكون تسخين الاحتكاك في هيكل الطائرة منخفضًا بدرجة كافية بحيث يتم استخدام الألومنيوم خفيف الوزن في الهيكل.

3 – Supersonic

تحدث سرعات الأسرع من الصوت لأعداد Mach التي تزيد عن واحد **3 > M > 1** . تعد تأثيرات الانضغاط مهمة للطائرات الأسرع من الصوت ، وتتولد موجات الصدمة عن سطح الكائن. بالنسبة للسرعات الأسرع من الصوت ، تصبح التدفئة الديناميكية الهوائية **5 > M > 3** مهمة أيضًا لتصميم الطائرات.



بالنسبة للسرعات التي تزيد عن خمسة أضعاف سرعة الصوت ، M> 5 ، في هذه السرعات ، تنطلق الآن بعض طاقة الجسم إلى الروابط الكيميائية المثيرة التي تجمع جزيئات النيتروجين والأكسجين في الهواء.

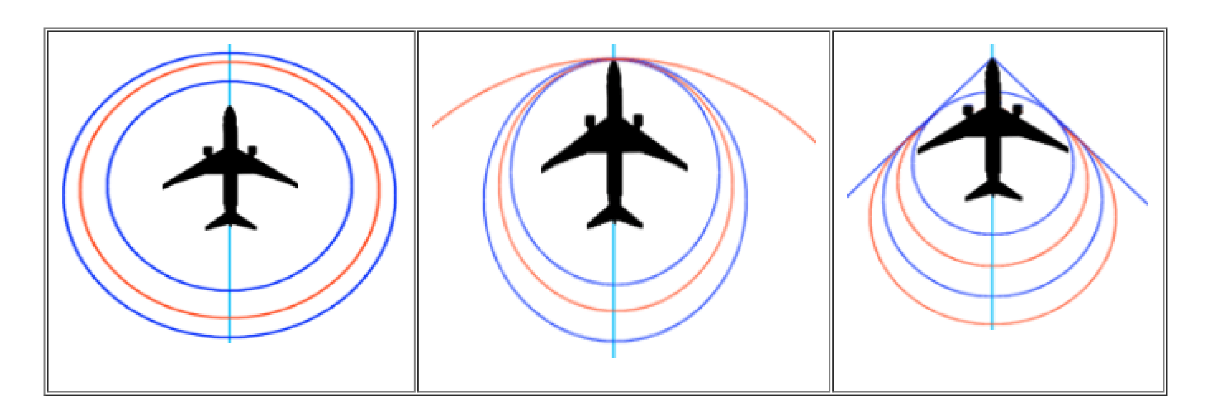
عند سرعات تفوق سرعة الصوت ، يجب مراعاة كيمياء الهواء عند تحديد القوى الموجودة على الجسم. يدخل المكوك الفضائي الغلاف الجوي بسرعات عالية من الصوت ، 25 ~ M. في ظل هذه الظروف ، يصبح الهواء الساخن بلازما مؤينة من الغاز ويجب عزل المركبة الفضائية من درجات الحرارة العالية.



بالنسبة لسرعات الطائرات التي تفوق سرعة الصوت ، يقال إن الطائرة تفوق سرعة الصوت. السرعات النموذجية للطائرات التي تفوق سرعتها سرعة الصوت أكبر من 3000 ميل في الساعة ورقم ماخ M أكبر من خمسة ، M> 5.

تهتز الروابط الجزيئية ، مما يغير حجم القوى الناتجة عن الهواء على الطائرة. عند السرعات الفائقة السرعة ، تنفصل الجزيئات عن طريق إنتاج بلازما مشحونة بالكهرباء حول الطائرة. تحدث اختلافات كبيرة في كثافة الهواء والضغط بسبب موجات الصدمات والتمدد expansions.

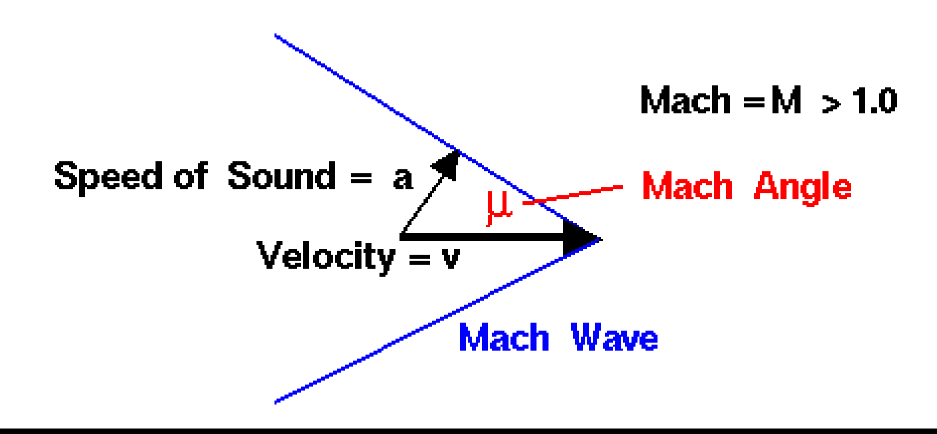
بشكل عام يتكون الصوت من جزيئات الهواء التي تتحرك. يدفعون معًا ويتجمعون معًا لتكوين موجات صوتية. تنتقل الموجات الصوتية بسرعة حوالي 750 ميلاً في الساعة عند مستوى سطح البحر. عندما تنقل طائرة سرعة الصوت ، تتجمع موجات الهواء معًا وتضغط الهواء أمام الطائرة لمنعها من التقدم للأمام. يؤدي هذا الضغط إلى ظهور موجة صدمات أمام الطائرة.



من أجل السفر بشكل أسرع من سرعة الصوت ، يجب أن تكون الطائرة قادرة على اختراق موجة الصدمة. عندما تتحرك الطائرة عبر الأمواج ، فإنها تجعل الموجات الصوتية منتشرة وهذا يخلق ضوضاء عالية . يحدث الضجيج الصوتي بسبب التغير المفاجئ في ضغط الهواء. عندما تسافر الطائرة بشكل أسرع من الصوت ، تسافر بسرعة تفوق سرعة الصوت. الطائرة

التي تسير بسرعة الصوت تسير في Mach 1 أو حوالي 760 ميل بالساعة. ماخ 2 هو ضعف سرعة الصوت , ولحساب زاوية ماخ نستخدم العلاقة التالية :

$$\sin(b) = 1 / M$$



$$\sin \mu = \frac{a}{v}$$

$$\sin \mu = \frac{1}{M}$$

$$\boxed{\mu = \sin^{-1} \frac{1}{M}}$$

- التدفق المنتظم والتدفق العشوائي Laminar and Turbulent Flow

"الاضطراب هو أهم مشكلة لم تحل في الفيزياء الكلاسيكية." (ريتشارد فاينمان ، عالم الفيزياء النظري الأمريكي ، جائزة نوبل في الفيزياء عام 1965)

حتى بعد مرور بضعة عقود على تعبير هؤلاء العلماء العظماء عن هذه الملاحظات ، لا يزال وضع نماذج الاضطرابات (التدفق العشوائي) ليس بالأمر السهل.

يصنف تدفق السوائل إلى فئتين رئيسيتين – منتظم أو عشوائي - فيما يتعلق بالقوى المحركة (بالقصور الذاتي inertial أو اللزوجة viscous .. الخ)

التدفق المنتظم : يتدفق السائل عبر مسار سلس دون انقطاع بين المسارات paths المجاورة.

التدفق المضطرب : يتدفق السائل عبر مسار فوضوي يشتمل على دوامات وعدم استقرار في التدفق. من الصعب ، في بعض الحالات تقريبًا ، فحص التدفق المضطرب رقميًا وتجريبيًا.

في وقت سابق ، كان من الصعب إدراك تحديد نوع تدفق السائل عدديًا. اكتشف العالم الأيرلندي أوزبورن رينولدز (1883) العدد الذي لا يتضمن أبعادًا والذي يتنبأ بتدفق السوائل استنادًا إلى الخصائص الثابتة والديناميكية مثل السرعة والكثافة واللزوجة الديناميكية والطول:

$$Re=(\text{inertial force})/(\text{viscous force})=\rho VL/\mu$$

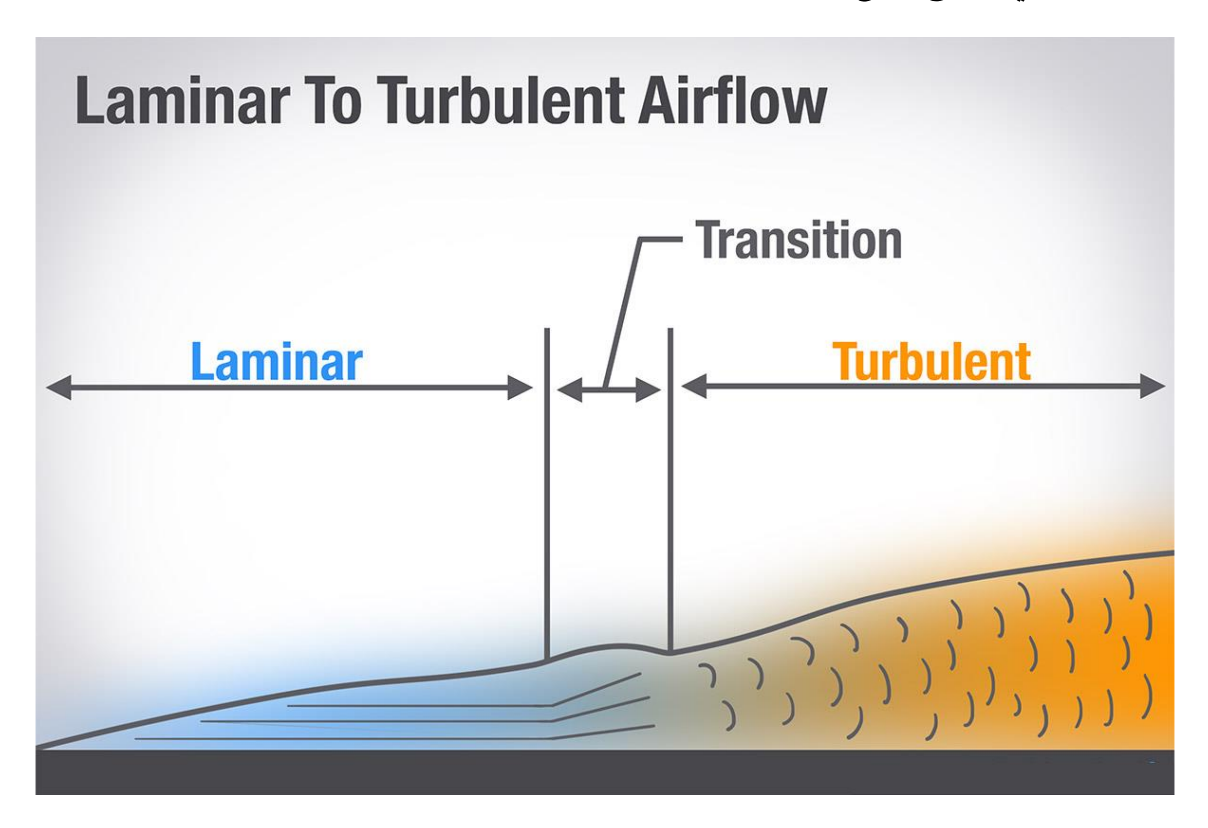
حيث ان :

كثافة المائع - density of the fluid	ρ (kg/m³)
سرعة التدفق - velocity of the flow	V (m/s²)
طول التدفق - length scale of flow	L (m)
اللزوجة الديناميكية - dynamic viscosity	μ (Pa*s)

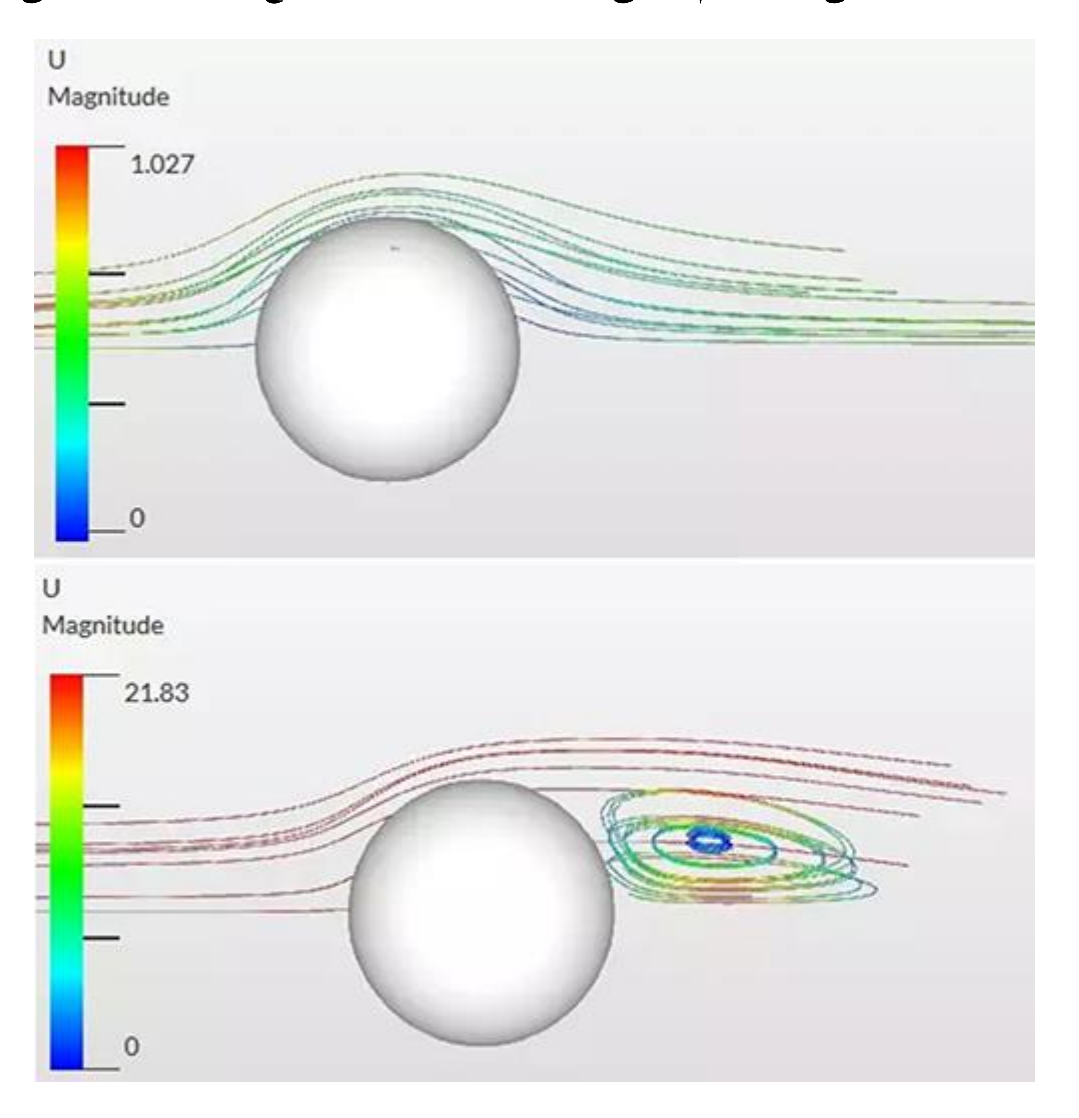
والجدول التالي يبين أنواع التدفق وفقًا لعدد رينولدز :

Type	Flow type	Reynolds Number
Internal	Laminar regime	up to Re=2300
	Transition regime	2300<Re<4000
	Turbulent regime	Re>4000
External	Laminar to Turbulence	$Re>3\times10^5$

والشكل التالي يوضح انواع التدق ونقطة التحول (Transition) :



والصورة التالية توضح استخدام برنامج CFD analysis لمحاكاة انواع التدفق على الجناح :



نلاحظ في الصورة الاولى حركة انسيابية للتدفق , ما الصورة الثانية يوجد منطقة مضطربة غير منتظمة الحركة .

- كيف يؤثر التدفق على جناح الطائرة

الهواء ، صدق أو لا تصدق ، هو مادة لزجة. حقا ، إنه لزج - لأنه يتدفق على الجناح ، يتباطأ بسبب الاحتكاك. تخيل أنك تطير بسرعة 100 عقدة في Piper Cherokee. يتدفق الهواء حول جناحك بسرعة حوالي 100 عقدة - أو أسرع إلى حد ما بسبب الجنيح الخاص بك. ومع ذلك ، إذا قمت بقياس سرعة الهواء داخل شبر واحد من سطح الجناح ، فستجد أن تدفق الهواء يتباطأ. عندما تصل إلى سطح الجناح ، تنخفض سرعة تدفق الهواء إلى الصفر. المنطقة التي يبطئ فيها الاحتكاك تدفق الهواء تسمى الطبقة الحدودية boundary layer .

الطبقة الحدودية ليست عميقة جدًا ، ربما بسمك 0،2 إلى بوصة ، لكنها مهمة ، ويمكن أن تقلل بالفعل من ضغط السحب pressure drag .

بما ان التدفق المنتظم هو تدفق ناعم على جسم الطائرة ، يتدفق الهواء بسلاسة عبر السطح وتتحرك الانسيابات streamlines بالتوازي مع بعضها البعض. طبقة boundary layer التدفق المنتظم رقيقة جدًا - ربما بسماكة 0.20 بوصة فقط.

كلما تحركت للأعلى وبعيدًا عن السطح ، تزداد سرعة تدفق الهواء بسلاسة في طبقة boundary layer حتى تصل إلى سرعة التدفق الحر free-stream speed .

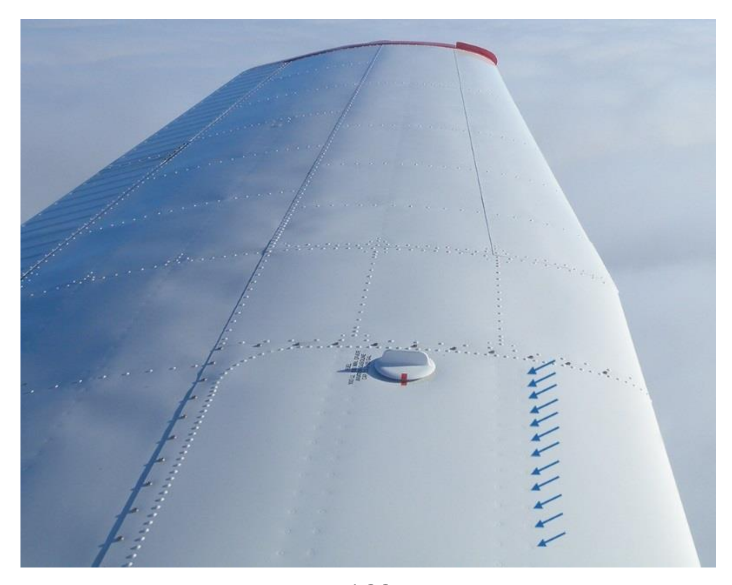
Profile Of Velocities In Boundary Layer

Free air stream

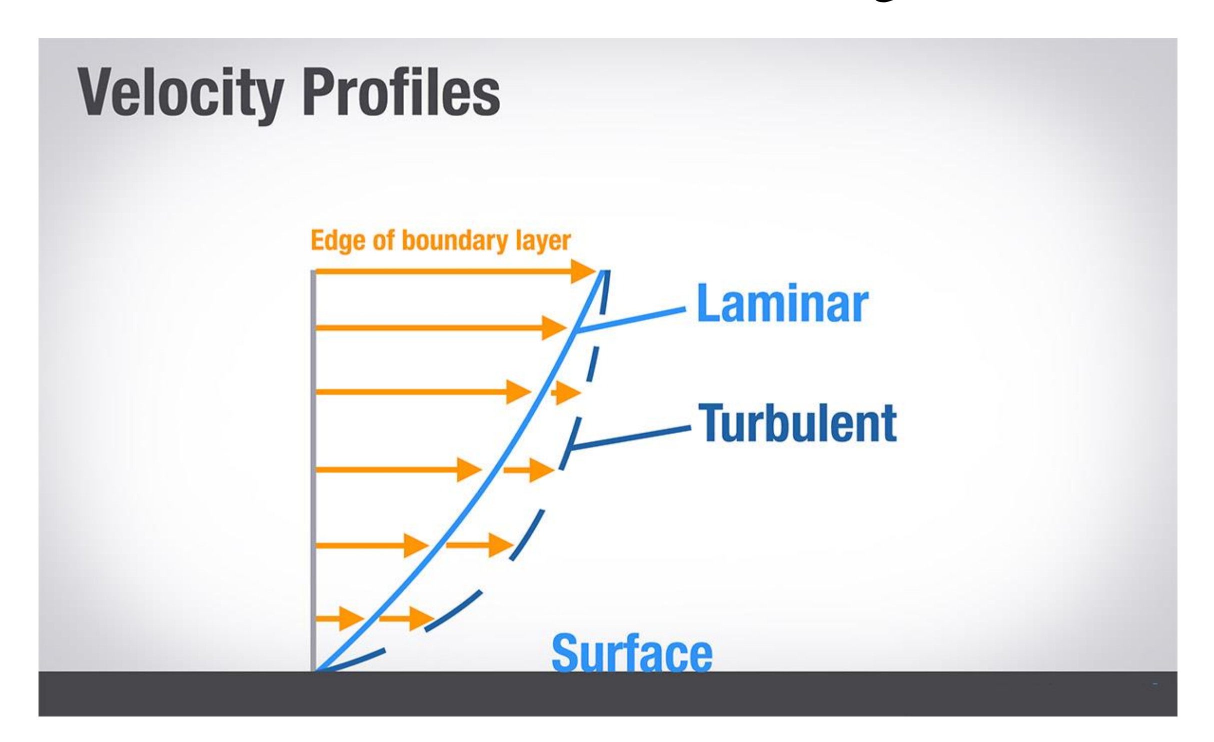
Edge of boundary layer

Surface

تقلل laminar-flow boundary من السحب لذلك غالباً ما يقوم المهندسون بتحسين الأسطح الطويلة المسطحة (مثل الأجنحة) للحفاظ على تدفق منتظم , أي اضطرابات على طول السطح - حتى تلك المجهرية - يمكن أن تتسبب في اضطراب laminar flow layer turbulent. لذلك ، على الأجنحة المعدنية ، ستجد براشيم مثبتة للمساعدة في الحفاظ على تدفق منتظم , انظر :



ومع ذلك من الصعب ان تكون الامور كما نريد تماما , أي تدفق منتظم سيتحول بسرعة إلى امضطراب - غالبًا بعد انتقاله لعدة بوصات من الحافة الأمامية leading edge . الطبقة المضطربة أكثر سمكًا من طبقة التدفق المنتظمة وتولد جرًا أكثر , يحدث معظم تقليل سرعة تدفق الهواء أعلى السطح مباشرة



يشير رقم رينولدز المنخفض إلى التدفق المنتظم ، ويشير عدد رينولدز المرتفع إلى التدفق المضطرب حسب الجدول الذي درسناه سابقا .

تحتوي الطبقات المضطربة على عدة جوانب من الانعكاسات - حتى إذا كان بها سحب احتكاكي أكبر. تتمتع طبقة حدود التدفق المضطرب بكمية أكبر من الطاقة مقارنة بطبقة التدفق المنتظم . و بحيث يمكنها تحمل تدرج الضغط pressure gradient يتيح ذلك لطبقة الحدود المضطربة أن تبقى متصلة بالسطح لفترة أطول.

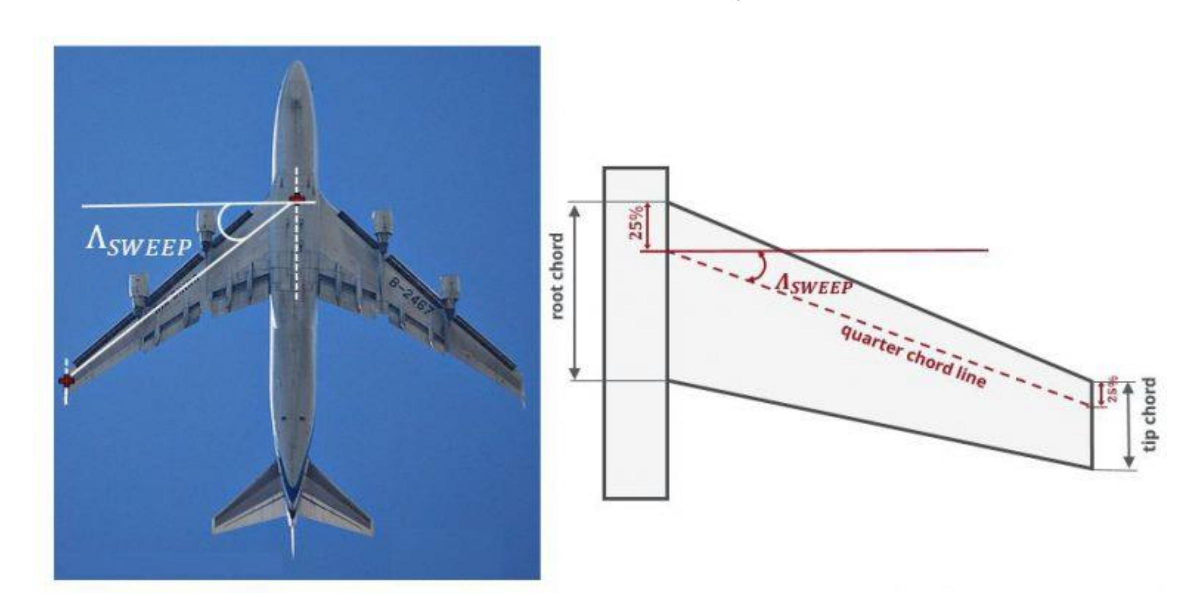
- زاوية الاجتياح والطيران الأسرع من الصوت Sweep Angle and Supersonic Flight



تم تقديم مفهوم اكتساح الجناح wing sweep في الدروس السابقة ناقشنا مفاهيم مساحة الجناح ونسبة الارتفاع وأهميتها في تصميم طائرة جديدة , سنقضي الآن بعض الوقت في دراسة عملية مسح/كسح sweep الجناحين ومناقشة مدى أهمية تطبيق زاوية المسح على الجناح بشكل صحيح إذا كنت تقوم بتصميم طائرة تعمل في أي مكان بالقرب من المنطقة الصوتية transonic أو الأسرع من الصوت supersonic region .

يُقال إن الجناح يُكتسح عندما يكون هناك خط مستقيم بين موقعين متقابلين من الوتر (يُعطى كنسبة مئوية من الوتر) على الجذر والحافة root and the tip مائلة بالنسبة للإحداثية الجانبية للطائرة.

يمكن رؤية ذلك بسهولة عند عرض الجناح بشكل مكتسح كما هو موضح في طائرة بوينج 747-400 أدناه (علما ان درجة الاكتساح هنا 37.5 تقريبا) :



زاوية المسح في الجناح هي الزاوية التي يتم بها ازاحة الجناح للخلف (أو أحيانًا للأمام) بالنسبة إلى وتر الجذر root chord للجناح.

لكن السؤال الآن لماذا ندرس هذه النقنية من الاجنحة ؟

يستخدم هذا الجناح في المقام الأول على الطائرات التي تطير في المناطق فوق الصوتية والأسرع من الصوت transonic and supersonic regions. .

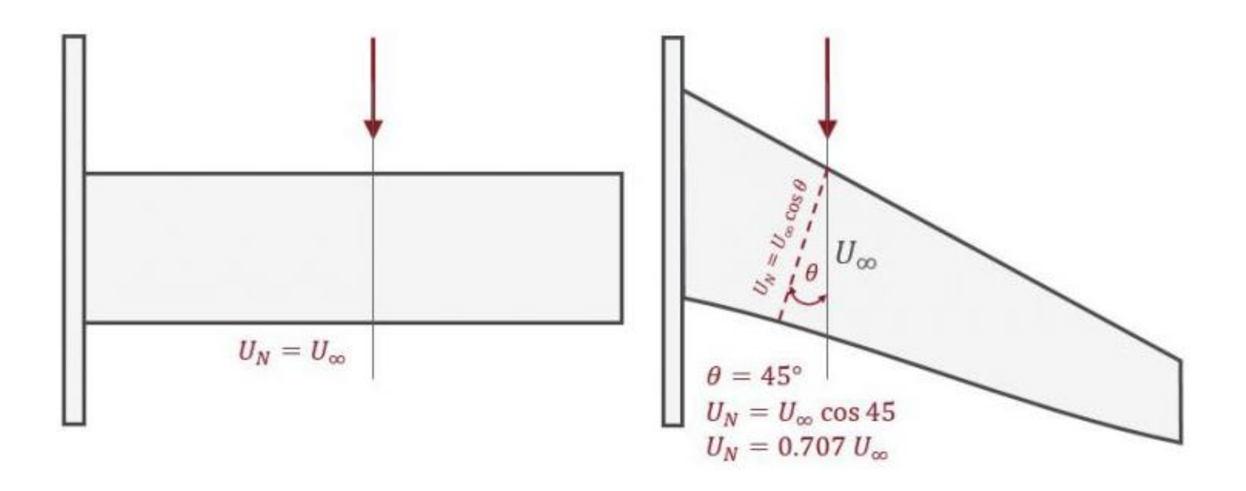
زاوية الاجتياح لها تأثير تأخير تشكيل موجات الصدمة على سطح الجناح بسبب انضغاط الهواء عند السرعات العالية.

القدرة على تأخير تشكيل موجات الصدمة لها تأثير إيجابي كبير على السحب الكلي الذي تنتجه الطائرة عندما تقترب من Mach 1.

تميزت المحاولات المبكرة للطيران بسرعات صوتية في الطائرات ذات الأجنحة المستقيمة بزيادة ملحوظة في السحب والإهتزاز العنيف في هيكل الطائرة مع اقتراب هذه السرعات العالية.

في حين أن الطائرة الأولى التي كسرت حاجز الصوت ، Bell X-1 ، استخدمت الجناح المستقيم ، إلا أنها تطلبت من محرك صاروخي إنتاج قوة دفع كافية للتغلب على ارتفاع السحب الكبير وعانى من مشكلات في قابلية التحكم بسرعة عالية. في الواقع بمجرد ظهور فوائد التكنولوجيا ذات الجناحين تم التخلي عن هذه الطائرة .

تأثير اجتياح الجناح على مكونات السرعة الطبيعية :



الجناح اعلاه يقلل من السرعة UN اى الحافة الامامية leading edge بنسبة تقارب 30٪ من سرعة التمرير الحر بزاوية اكتساح تبلغ 45 درجة.

نظرًا لأن السرعة UN إلى الحافة الأمامية هي المسؤولة عن حجم توزيع الضغط على السطح العلوي والسفلي للجناح ، يتبع ذلك انخفاض السرعة UN سيؤدي إلى اختلاف في الضغط بين السطحين وبالتالي تقليل المصعد الناتج عن الجناح الذي تم اجتاحه وكل الأشياء الأخرى متساوية.

- تشكل موجة الصدمة Shock wave Formation



لفهم كيف ولماذا تتشكل الموجات الصدمية مع اقتراب الطائرة من السرعات الصوتية ، عليك أن تدرك أن الهواء مائع fluid وأنه قابل للانضغاط compressible , في السرعات المنخفضة (أقل بشكل عام من Mach 0.5) ، يكون الهواء غير قابل للضغط بشكل أساسي والذي يسمح للعلماء والمهندسين بعمل عدد من الافتراضات التبسيطية عند نمذجة حركة الطائرة عبر الهواء. الافتراض الرئيسي عند نمذجة تدفق السائل بأنه غير قابل للضغط هو أن كثافة الاجزاء الصغيرة اللانهائية لهذا السائل ثابتة .

مع اقتراب الطائرة من السرعة transonic ، تبدأ موجات الضغط المرتبطة بحركة الطائرة عبر الهواء في الاندماج وضغط الهواء قبل الطائرة. هنا تبسيط الافتراضات غير القابلة للضغط لم تعد صالحة وهنا قواضين الغير قابلة للانضغاط لا يمكن ان نعمل بها .

يؤدي ضغط الهواء هذا إلى إنشاء قوة جر إضافية تسمى سحب الموجة wave drag . هذا هو مكون السحب بسبب وجود موجات الصدمات ويسيطر على مجموع السحب بسرعات عالية. يزداد سحب الموجة هذا مع اقتراب الطائرة من Mach 1 .

تتشكل الموجة الصدمية عندما يصل تدفق الهواء المحلي حول الطائرة إلى السرعة الصوتية (Mach 1). يتميز بتغير متواصل في الضغط ودرجة الحرارة والكثافة عبر الوسط الذي يتشكل فيه.

تتشكل موجات الصدمة في المناطق التي تكون فيها السرعة sonic وبالتالي ستبدأ في التكوّن قبل أن تكون سرعة الطائرة الكلية sonic , يساعد اجتياح الجناح في تأخير تشكيل الموجة الصدمية على السطح العلوي للجناح ، عن طريق تقليل مكون تدفق الهواء على الجناح. نظرًا لأن موجات الصدمات تتشكل في المناطق التي تكون فيها السرعة sonic، سيكون لكل طائرة عدد ماخ مهم والذي يعرف بأنه أدنى سرعة يتجاوز فيها تدفق الهواء critical Mach number فوق بعض المناطق على الطائرة سرعة الصوت.

تحت رقم Mach الحرج ، يكون تدفق الهواء حول الطائرة دون سرعة الصوت ، وفي الجزء العلوي الحرج من Mach ، يكون تدفق الهواء حول الطائرة أسرع من الصوت.

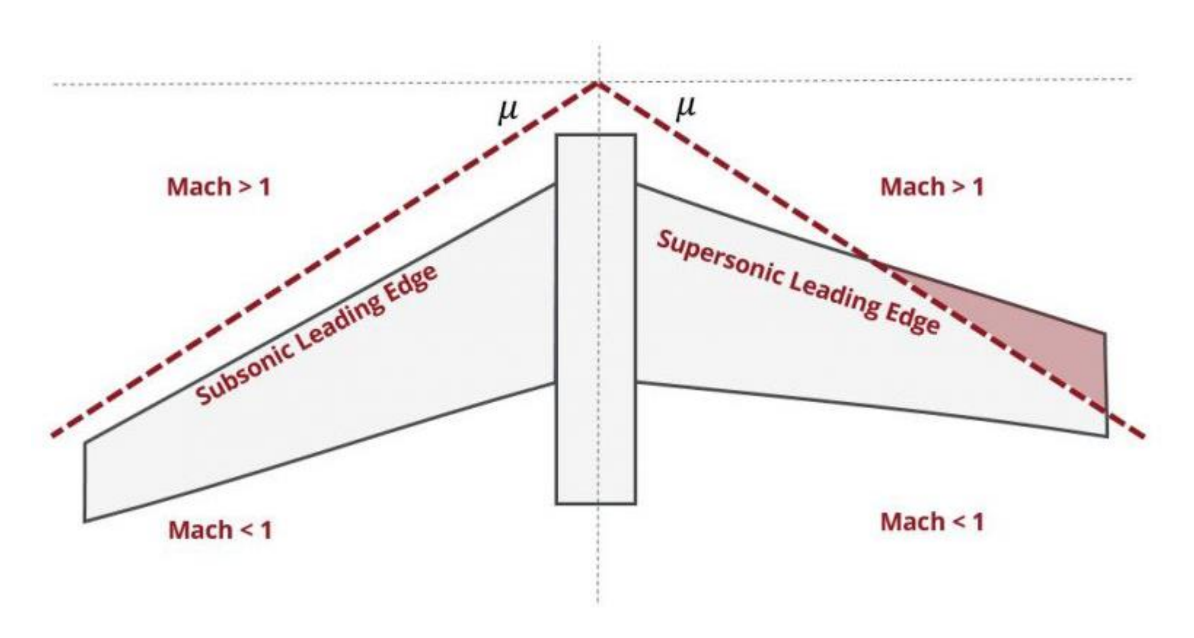
بالقرب من رقم critical Mach number يوجد رقم اسمه drag divergence number وهو رقم Mach الذي يبدأ عنده السحب الإجمالي الديناميكي الهوائي في الزيادة بسرعة مع زيادة عدد نحو 1 ماخ .

- اختيار زاوية الاجتياح

يمكن على نطاق واسع وصف الصدمات بأنها إما عادية normal أو مائلةoblique تتشكل موجات الصدمات العادية بشكل عمودي على السطح مما يؤدي إلى حدوث الصدمة , في حين تميل موجة الصدمة المائلة بزاوية إلى اتجاه تدفق التيار العلوي upstream flow direction .

يجب أن يكون سرعة تدفق الهواء في اتجاه الصدمة العادية دائمًا subsonic، بينما يمكن أن يكون رقم Mach في المائلة إما supersonic (موجة صدمة ضعيفة) أو subsonic (موجة صدمة قوية).

الزاوية التي تحدثها الصدمة المائلة هي وظيفة السرعة التي تسافر بها الطائرة. عند Mach 1.3 ، تبلغ الزاوية 45 درجة تقريبًا ، وهذا يزيد إلى 60 درجة عند Mach 2.



الصورة اعلاه تبين Subsonic and Supersonic Leading Edge

عند اختيار زاوية المسح. إن الجناح الذي تم جرفه بشدة والذي يتميز subsonic leading edge سوف يعمل بشكل جيد للغاية بسرعات supersonic .

ينتج الجناح الذي تم جرفه حمولة أقل وقدرة اكبر على المناورة , هذا هو السبب في أن الطائرات مثل F-14 Tomcat و Panavia Tornado تستفيد من جناح اجتياح متغير لتحسين الأداء الأسرع من الصوت والقدرة على المناورة .





نظرًا لأن رحلات الطيران التجارية في المنطقة التي تعمل Mach 0.8-transonic ، فإن زوايا المسح عادةً ما تكون أقل من 40 درجة. تم تصميم طائرة مقاتلة قادرة على سرعات تفوق Mach 1.5 عمومًا بزوايا اكتساح تصل إلى 60 درجة.

Aircraft	Operating Mach Number	Wing Sweep Angle (°)
B737-400	0.75	25.0
B767-300	0.80	31.5
A330-300	0.82	30.0
B777-300ER	0.84	31.6
B747-400	0.85	37.5
Airbus A380-800	0.85	33.5
Mirage 2000	2.20	58.0*

F-16	2.00	40.0*
Tu-95 Bear	0.78	35
F-22	1.80	42.0*
MiG 21	2.00	57.0*

*Refers to leading edge sweep angle

يعد اكتساح جناح أي طائرة تسير بسرعات تزيد عن Mach 0.5 - Mach 0.6 ضروريًا لتجنب الزيادات الكبيرة جدًا في السحب نتيجة لتكوين موجات صدمات .

اكتساح الجناح له آثار سلبية عند الطيران بسرعات دون سرعة الصوت. يقلل نسبة العرض إلى الارتفاع للجناح , تقلل عملية الاكتساح أيضًا مكون تدفق الهواء الذي يمر عبر الجناح والذي ينتج عنه إنتاج أقل للرفع .

- اختيار اجنحة الطائرات wings selection

هيا بنا نأخذ معرفتنا الجديدة بالمجال الجوي ونطبقها على دراسة صغيرة توضح بشكل جيد كيف يتم استخدام ملفات التعريف المختلفة للاجنحة airfoil profiles للطائرات المختلفة للمساعدة في تحقيق المهمة المقصودة لتلك الطائرة.

سنعرض ثلاث طائرات في دراستنا ، ونميز خصائص الجنيحات المختارة ، ثم نقارنها مباشرة ، عن طريق فحص خصائص الرفع والسحب لكل الاجنحة الثلاثة .

هل انت متحمس لذلك ؟ هيا بنا لنبدأ ..

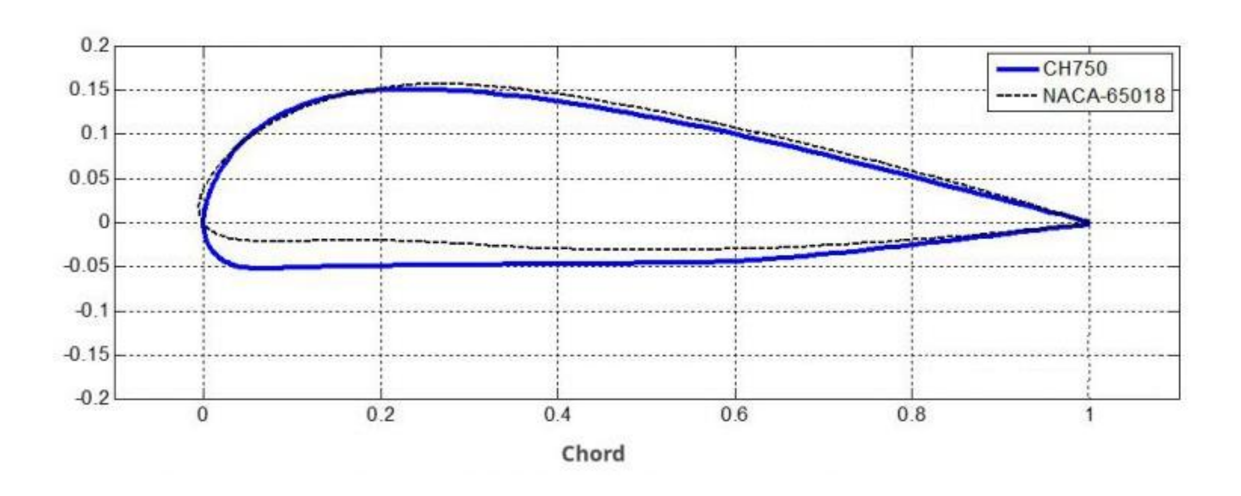
الطائرات الثلاث في دراستنا هي :

	Zenith Aircraft Co. CH-750
	Cessna 210 Centurion
	F-16

النوع الاول (Zenith Aircraft Co. CH-750)

أول طائرة سننظر فيها هي Zenith CH-750. تم تصميم هذه الطائرة الصغيرة ذات المقعدين كطائرة للإقلاع وطائرة الهبوط "خارج المطار" لتكون طائرة رياضية , على الرغم من أن سرعتها (بحد أقصى 100 ميل في الساعة) قد لا تنقلك إلى وجهتك بسرعة . تبلغ نسبة سمك الجناح إلى الوتد chord 18٪ ومعامل رفع lift coefficient 0.9 ان هذا الجناح مشغوط ليعطي اعلى رفع ممكن .

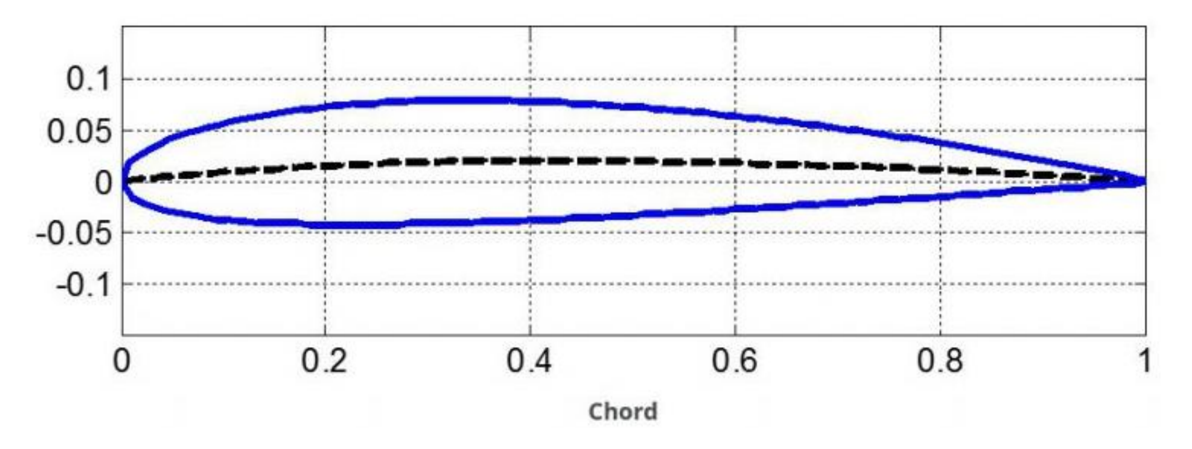
هذا الجناح مخصص لإنتاج الكثير من الرفع لكن بسرعة منخفضة . يظهر ملف تعريف NACA 65018 بواسطة الخط الأسود المنقط في الشكل أدناه مع ملف تعريف CH750 التقريبي باللون الأزرق. تتم دراسة خصائص الرفع والسحب لهذا الجنيح بمزيد من التفصيل أدناه عندما نقارن جميع نماذج الجنيحات الثلاثة معًا.



النوع الثاني (Cessna 210 Centurion)

قد يحتوي Cessna 210 على جناح عالي ومحرك فردي مثل CH-750 هذه طائرة طيران عامة من ستة مقاعد مزودة بمحرك توربيني بقوة 310 حصان مما يتيح لها التجول حوالي 190 عقدة (350 كم / ساعة أو 220 ميلاً في الساعة). تبلغ مسافة الإقلاع حوالي 1400 قدم (430 متر) عند مستوى سطح البحر. تم إنتاج ما يقرب من 10 الاف طائرة ما بين عامي 1957 و 1986 ، ومن نواح كثيرة ، لا يزال C210 يحدد المعيار لطائرة سريعة سريعة وموثوقة ذات 6 أماكن.

لهذا الجناح maximum camber 2٪ من الوتر chord الموجود عند 40٪ من الوتر.



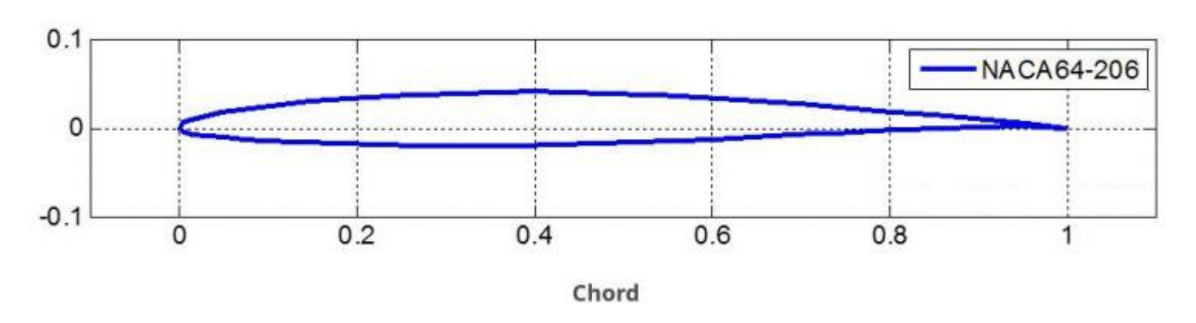
إذا قارنت هذا الجنيح مع NACA 65018 المعدلة في CH-705 ، فستدرك أنه ينتج جرًا أقل نظرًا لأنه أكثر نحافة وأكثر انسيابية.

يكون الجنيح أيضًا أقل cambered عن نظام NACA 65018 مما يعني أنه ينتج عنه رفع أقل لزاوية معينة من الهجوم عند مقارنته مع الجناح CH-750. ينتج عن هذا تشغيل أطول للإقلاع حيث يجب أن تكون الطائرة بسرعة أعلى لإنتاج قوة رفع كافية لتنقلها جواً.

النوع الثالث (General Dynamics F-16 Fighting Falcon)

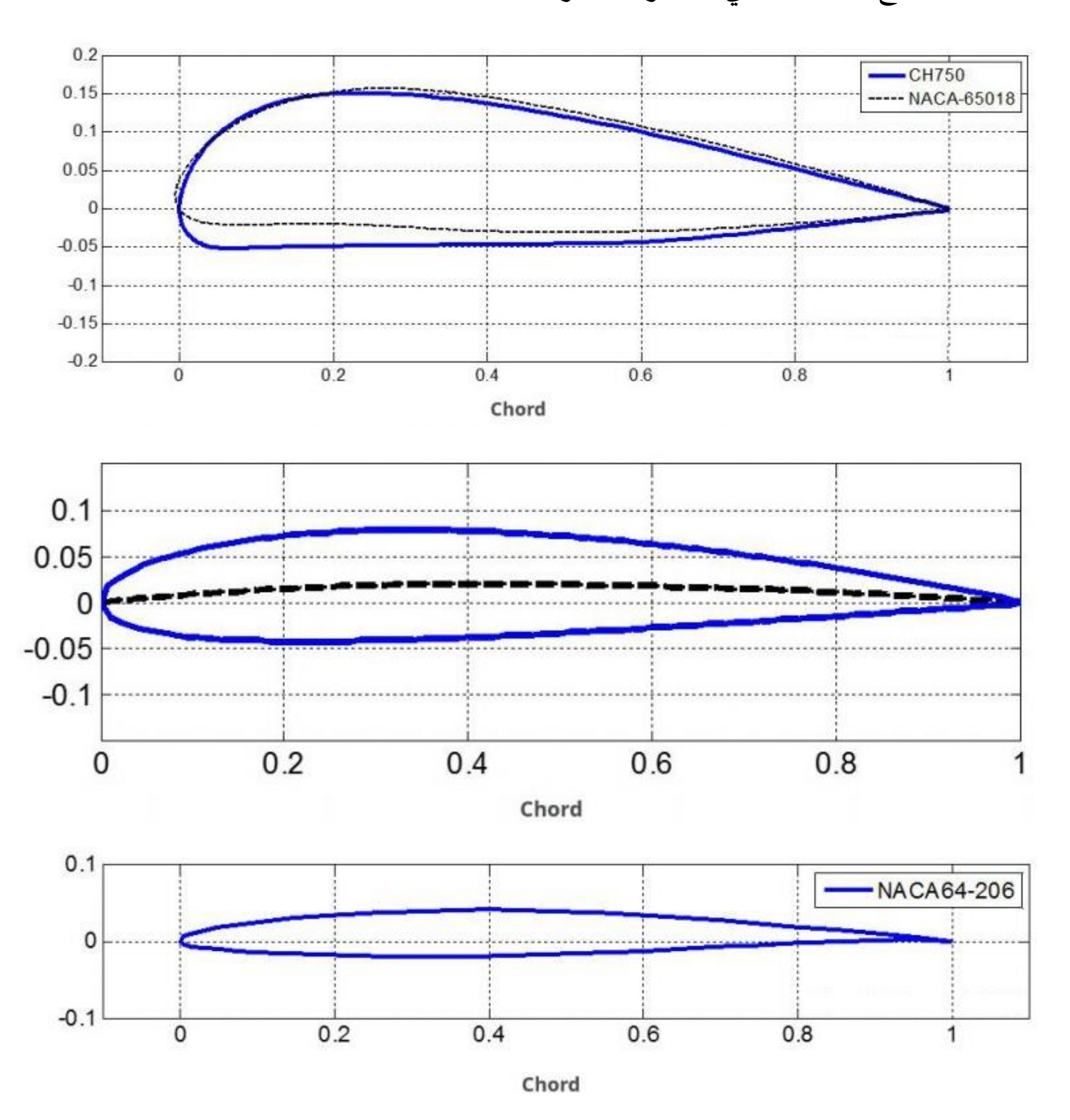
هذه الطائرة المقاتلة من الجيل الرابع ظهرت لأول مرة في عام 1974 وهي في الخدمة الفعلية مع القوات الجوية للولايات المتحدة بالإضافة إلى الكثير من الدول الاخرى . تم تسليم أكثر من 4500 طائرة من طراز F-16 ، مما يجعلها واحدة من أكثر الطائرات العسكرية نجاحًا على الإطلاق. وبسرعة قصوى عند مستوى سطح البحر عند Mach 1.20 والقدرة على الوصول إلى Mach 2.0 ، سوف يستمر هذا المقاتل في الخدمة النشطة في عدد من القوات الجوية لسنوات عديدة قادمة.

يستخدم F-16 جنيحا NACA 64A204 معدلاً مشابهًا ل NACA 64A206 الموضح أدناه :



لاحظ مدى رقة الجناح بالنسبة إلى CH-750 و C210 في الصورة أعلاه , هذا ملف جوي مصمم لسرعات تفوق سرعة الصوت ونتيجة لذلك ، يجب أن يكون شكله مثل الألماس من أجل منع حدوث موجات الصدمة بسرعة عالية . يكفي القول أن هذا الجناح الرقيق مصمم للسرعة وليس لإنتاج كميات كبيرة من الرفع بسرعة منخفضة.

دعونا نلقي نظرة على جميع الاجنحة الثلاثة بجانب بعضها البعض قبل الغوص في مبادئ هندسة الجناح المستخدمة في اختياره للطائرة :



يجب فهم بعض المفاهيم الأساسية للفضاء الجوي قبل الانخراط في النقاش التقني حول سبب اختيار الشركة المصنعة للطائرات اجنحة الهواء التي قاموا بها للطائرات الثلاث اعلاه التي تشكل دراستنا.

لذلك اخي القارئ راجع الدروس التالية من هذا الكتاب :

- Wing Area
- Angle of Attack
- Lift and Drag Coefficient
- Dynamic Pressure

لتلخيص المفاهيم أعلاه:

1 - معاملات الرفع والسحب هي تطبيع بدون أبعاد لكمية الرفع أو السحب التي يتم إنتاجها.

2 - يتم ضبط المعاملات الديناميكية الهوائية حسب مساحة الجناح والضغط الديناميكي.

3 - يُعرَّف الضغط الديناميكي بأنه الطاقة الحركية لكل وحدة حجم لجسيم مائع وهي دالة لكثافة وسرعة الهواء.

4 - يتم زيادة معامل الرفع لجريان الهواء عن طريق زيادة زاوية الهجوم الى زاوية السقوط.

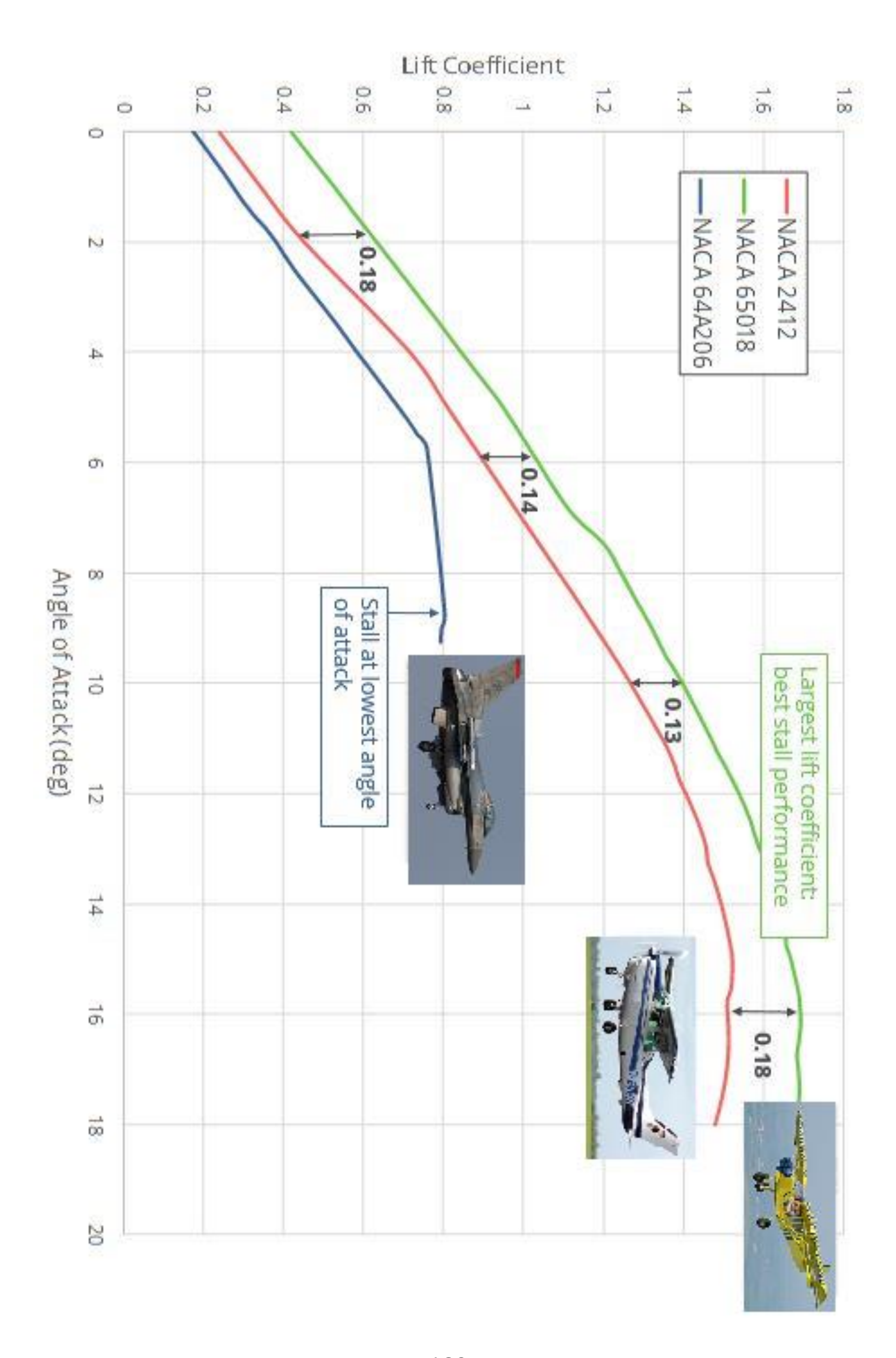
تؤدي سرعات الطيران الأبطأ نتيجة انخفاض الضغط الديناميكي وبالتالي يتطلب الأمر رفع معامل الرفع لإنتاج رفع كافٍ يساوي وزن الطائرة. يتم إنتاج معامل الرفع الأقصى قبل السقوط الطائرة مباشرة ؛ بعد ذلك أي زيادة في زاوية الهجوم ستقلل من الرفع الناتج ويقلل السحب.

XFoil هي أداة سهلة الاستخدام لتصميم الجنيح (متاحة للتنزيل مجانًا) والتي استخدمتها لإنشاء قطع الرفع والسحب من الجنيحات الثلاثة التي تم بحثها في هذه الدراسة. يجب ذكر بعض الافتراضات المهمة عند استخدام هذه الأداة:

1 - يفترض أن الجناح (مقطع الجنيح) طويل بشكل غير محدود وبالتالي يتم إهمال مكون السحب المستحث induced drag

2 - القيم التي تنتجها xFoil هي لقسم الجنيح فقط ولا تأخذ في الاعتبار بقية مكونات الطائرة. ونتيجة لذلك ، فإن نسب الرفع والسحب التي تنتجها الأداة أكبر بكثير من إنتاج الطائرة الفعلية في الواقع.

دعنا نلقي نظرة على كيفية تباين معامل الرفع الناتج عن كل جناح مع زاوية هجوم الجناح , كما تتوقع تؤدي زيادة زاوية الهجوم على كل قسم من خطوط الجريان الجوي إلى زيادة معامل الرفع.



ينتج كل جناح معامل رفع مختلف بالنسبة لزاوية الهجوم , جناح الطائرة Zenithair CH-750 يمتلك اعلى معامل رفع (تقريبا 1.7) و lift coefficient at an angle of attack of zero degrees (0.40)) . هذا هو نتيجة لارتفاع الحدبة high camber ونسبة سمك إلى وتر كبيرة thickness-to-chord ratio المستخدمة في هذا الجناح .

تذكر أن الطائرة CH-750 قادرة على الارتفاع على بعد 100 قدم فقط (30 مترًا).

كما هو مبين في الحسابات أدناه ، يبلغ الحد الأقصى لمعامل الرفع CH-750 حوالي 2.95 عند مستوى سطح البحر!

CL max nominal	1.70	
Wing Area	13.4	m²
Wing Span	9.1	m
Aspect Ratio	6.18	
MTOW	600	kg
Air Density	1.225	kg/m³
g	9.81	m/s²
V stall (with flap)	15.6	m/s
	56.2	km/h
	34.9	mph
CL MAX FLAP	**2.95**	
Delta CL	1.25	(CL MAX - CL max nominal)
Vstall nominal	20.5	m/s
	73.9	km/h
	45.9	mph

دعنا الآن نقارن منحنى الرفع في Cessna 210 مع CH-750. يجب أن تلاحظ أن كلا من منحني الرفع منحدر مماثل ؛ وإن كان يتم تعويض معامل الرفع C210-NACA 2412 بمتوسط 0.16 أقل من الجنيح CH-750.

يمكن تفسير ذلك بعدة طرق: (من المفترض هنا أن مساحة الجناح والسرعة والظروف الجوية متساوية لكلا الجناحين).

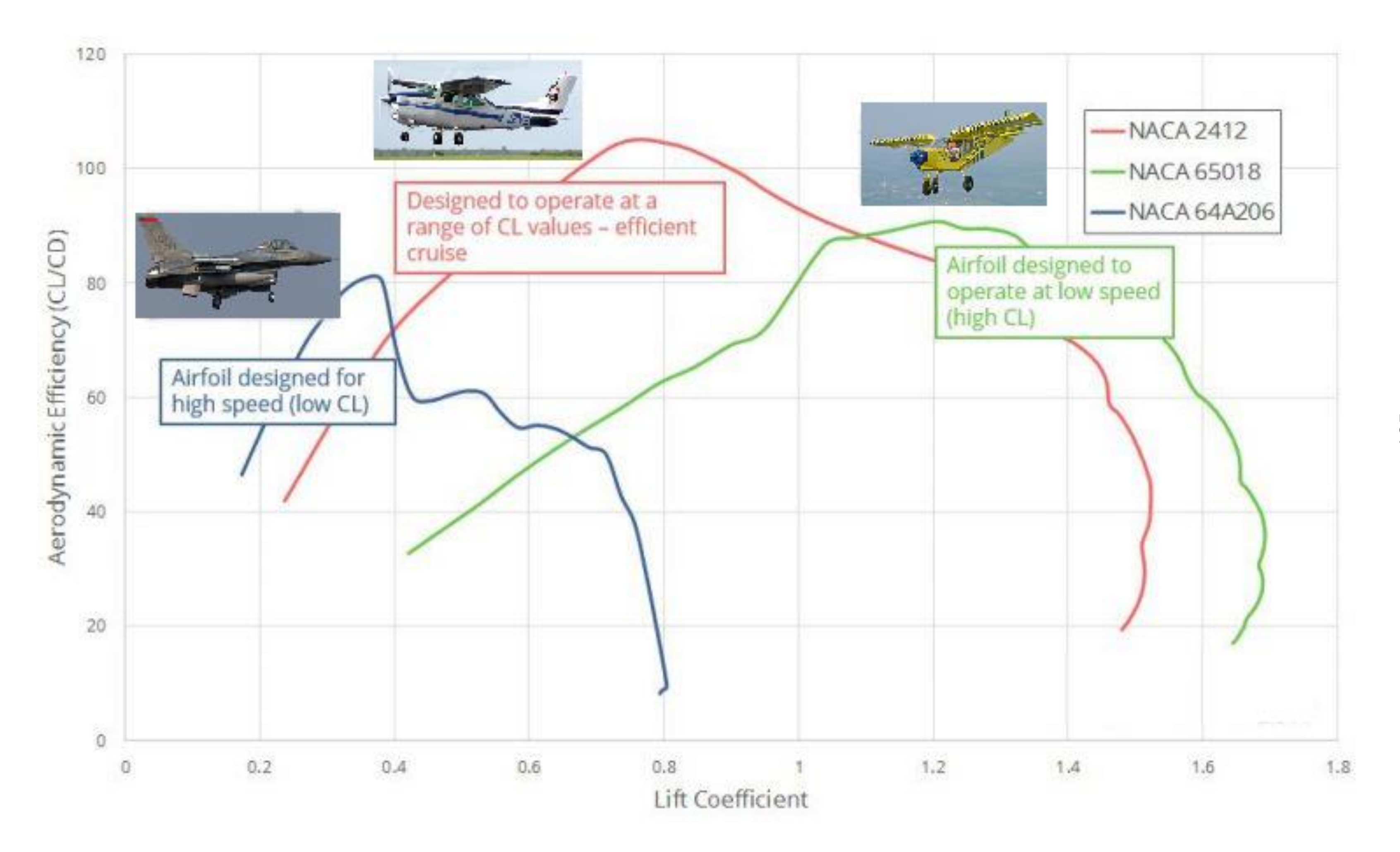
NACA 2412 إنتاج اقل رفع نعد زاوية الهجوم , ستكون سرعة السقوط لجناح NACA 2412 أكبر من NACA 65018.

خصائص الرفع للجناح F-16 ضعيفة مقارنة بالطائرتين الأخريين. هذا من شأنه أن يؤدي إلى ضعف خصائص الطيران منخفضة السرعة (سرعة السقوط العالية) طائرة F-16 حيث إنها مصممة للعمل بسرعة عالية كما أن محركها النفاث القوي يسمح لها بالتسارع بسرعة إلى سرعة الإقلاع . قد ينتج عن الجناح ذو الحواف الأكثر كثافة والأكثر سمكا قوة رفع أكثر من الجنيح الرقيق المتماثل ولكن دون النظر إلى السحب الناتج من كل منهما.

من المهم أن نفهم أن الرفع الإضافي الناتج عن السماكة وأكثر محدبة thicker and more cambered profile يأتي بتكلفة: سحب إضافي. هناك طريقة ملائمة لقياس كفاءة الجنيح وهي إلقاء نظرة على نسبة الرفع التي يتم سحبها.

مصطلح كفاءة الديناميكية الهوائية aerodynamic efficiency هذا يعطي مقياسًا لمدى كفاءة الجنيح في توليد الرفع. من المنطقي أن تصمم طائرتك لكي تطير جيدا يجب ان تكون نسبة الرفع إلى السحب عند الحد الأقصى.

من المهم أن نلاحظ عند النظر إلى الرسوم البيانية أدناه أن نسبة كفاءة الطائرات الفعلية ستكون أقل بكثير مما هو موضح هنا. هذه المنحنيات تبحث فقط في خصائص الجنيح الثنائي الأبعاد ولا تشمل مصادر السحب مثل الجناح ثلاثي الأبعاد ، جسم الطائرة ، الذيل الخلفي.. إلخ. القيم أدناه هي فقط للتوضيح ويجب فهمها :



Aerodynamic Efficiency (CL/CD)
0
20
40
60
80
100
120
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1
1.2
1.4
1.6
1.8
Lift Coefficient
Designed to operate at a range of CL values – efficient cruise
Airfoil designed for high speed (low CL)
Airfoil designed to operate at low speed (high CL)
NACA 2412
NACA 65018
NACA 64A206

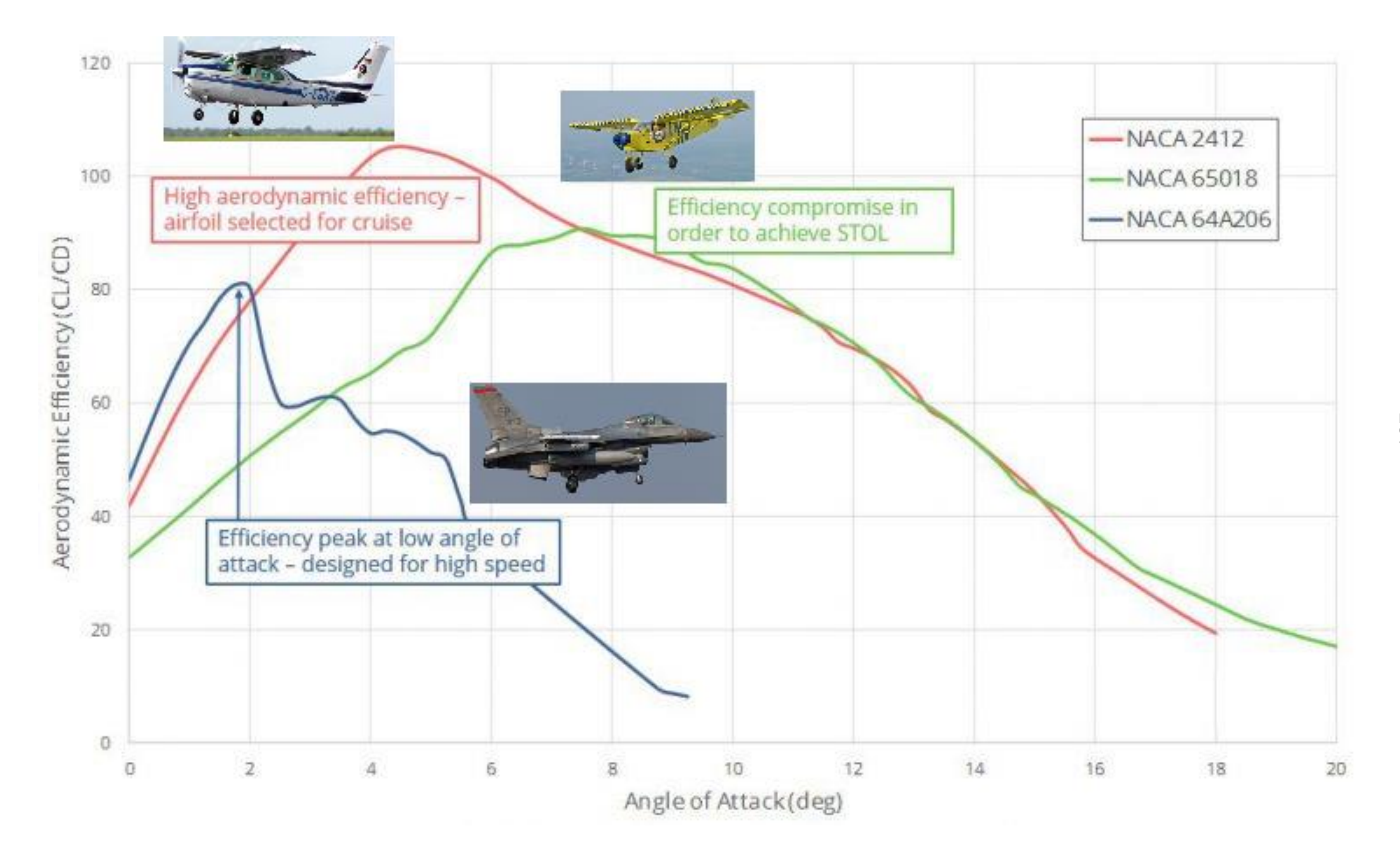
CH-750 هي الأكثر فعالية في معامل الرفع العالي الذي يؤكد خصائص السرعة البطيئة. تم تصميم Cessna 210 لتكون طائرة تجول فعالة ، وبالتالي يمكنك أن ترى من خلال النظر إلى الرسم البياني أن الجنيح الأرق هو في الواقع أكثر كفاءة من CH-750 وصولاً إلى معامل الرفع 1

تأتي قدرة CH-750 على الإقلاع والهبوط من مدرج قصير جدًا ينتج الجناح السميك الكثير من المصاعد بسرعة منخفضة ولكن يؤذي الطائرة في الرحلة بجناح غير فعال على الإطلاق ولكن بسرعات منخفضة (high CL).

تتمتع الطائرة F-16 بأدنى قدر من الكفاءة الأيروديناميكية للطائرات الثلاث التي تمت دراستها هنا ومع ذلك ، يجب أن نتذكر أن F-16 مصمم للعمل بسرعات فوق صوتية حيث يصبح السحب الموجي مكونًا مهمًا للسحب وعلى هذا النحو ، تم تصميم الجناح للحد من السحب عند هذه السرعات العالية جدًا. ما يوضحه الرسم البياني هو أن F-16 هو الأكثر كفاءة في السرعات العالية حيث يكون معامل الرفع منخفضًا (بسرعات عالية).

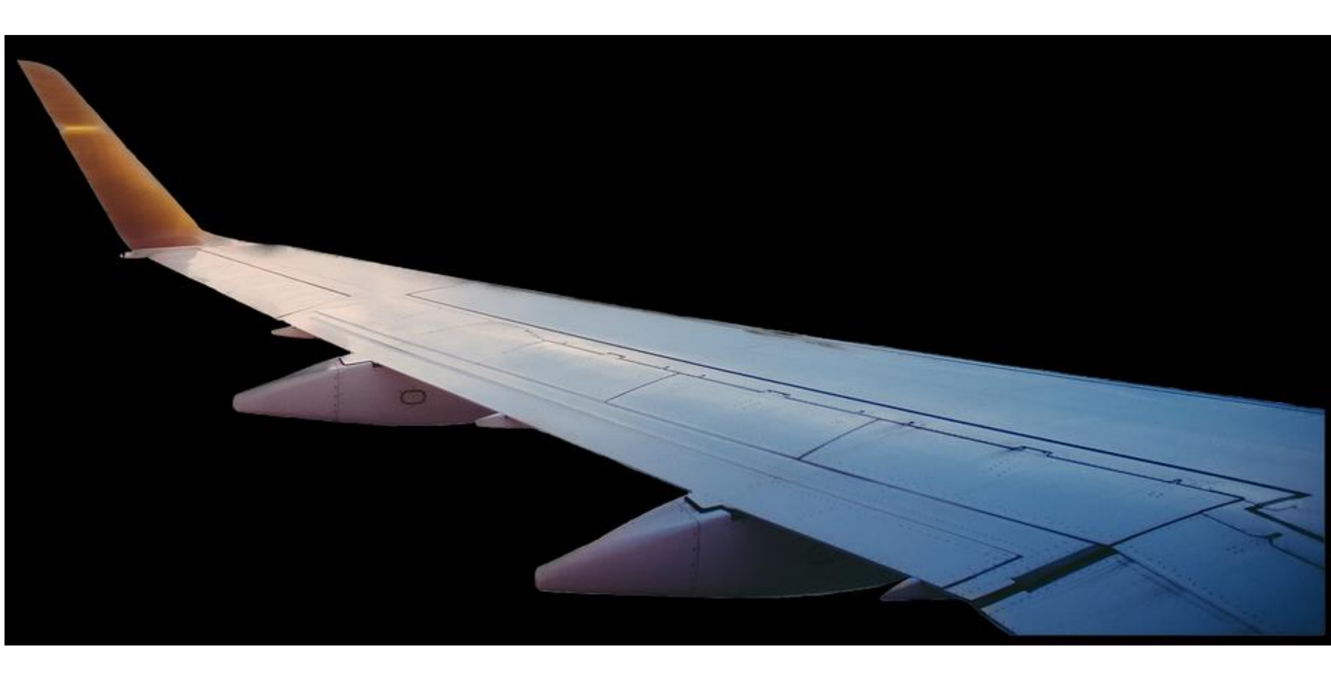
الطريقة الأخيرة لتعزيز ما تم عرضه هي رسم الكفاءة الديناميكية الهوائية مع زاوية الهجوم:

لسرعة البطيئة CH-750 هي الأكثر فعالية في زوايا الهجوم العالية (السرعات البطيئة) C210 قادر على العمل بكفاءة من خلال مجموعة كبيرة من سرعات الرحلات وزوايا الهجوم ،و F-16 هو الأكثر فعالية في زوايا منخفضة من الهجوم وسرعات عالية.



Aerodynamic Efficiency (CL/CD)
120
100
80
60
40
20
0
Angle of Attack (deg)
0
2
4
6
8
10
12
14
16
18
20
High aerodynamic efficiency – airfoil selected for cruise
Efficiency compromise in order to achieve STOL
Efficiency peak at low angle of attack – designed for high speed
NACA 2412
NACA 65018
NACA 64A206

- تصميم هيكل الجناح Wing Structural Design



في الدرس التمهيدي الأخير على الجناح ، ننظر إلى بنية الجناح النموذجية ، والأحمال المختلفة التي يتوقع أن يحملها الجناح أثناء التشغيل ، ونقدم المنهجية وراء تصميم هيكل شبه أحادي الجناح semi-monocoque wing structure .

لقد درسنا مساحة الجناح ونسبة العرض إلى الارتفاع والاجتياح ، وبحثنا بمزيد من التفصيل كيف يحدد ملف الجناح خصائص الطيران للطائرة. باختصار ، لقد وضعنا الأساس لتطوير تصميم اساسي للجناح.

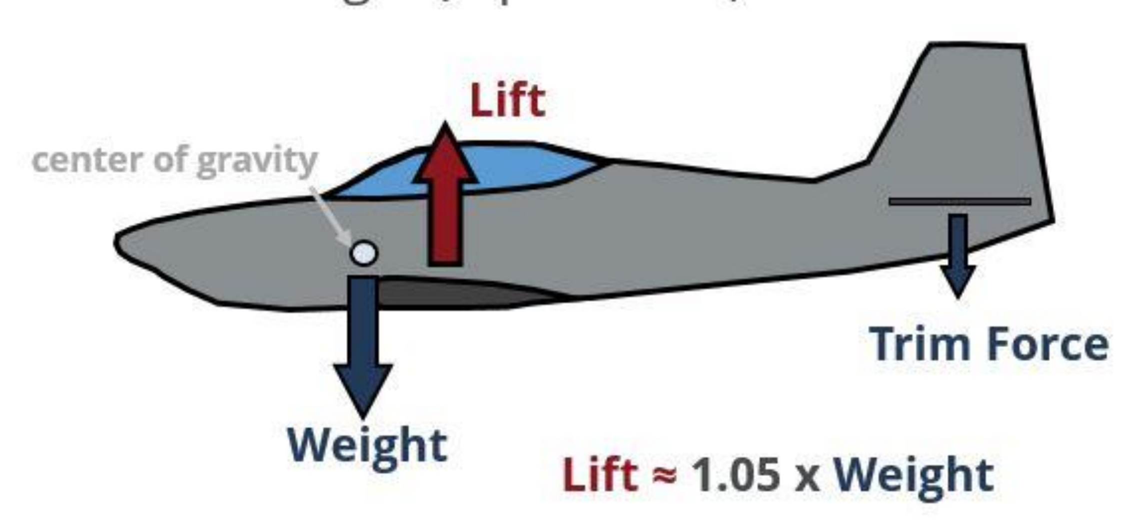
قبل الابتعاد عن الجناح ، سنقضي الآن بعض الوقت في تقديم عناصر التصميم الهيكلي التي تسمح للجناح بالعمل بأمان خلال جميع مراحل غلاف التصميم.

- الأحمال التي تعمل على الجناح Loads acting on a Wing

تم تصميم الجناح بشكل أساسي لمواجهة قوة الوزن التي تنتجها الطائرة كنتيجة لكتلتها (يتعامل الجزء الأول من الكتاب مع القوى الأساسية المؤثرة على الطائرة). يوفر الجناح قوة رفع تصاعدية مساوية لوزن الطائرة بالإضافة إلى قوة القطع trim force المتولدة في الذيل الأفقي للحفاظ على توازن الطائرة.

تأتي قوة القطع نتيجة للحاجة إلى تحقيق التوازن بالرفع التي تعمل بعيدًا عن مركز ثقل الطائرة.

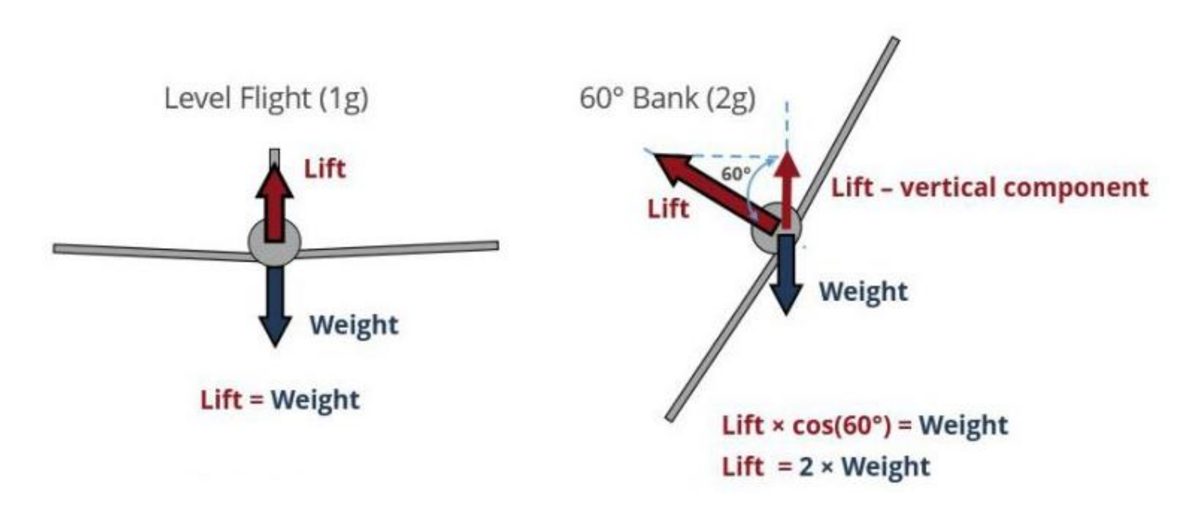
في مرحلة التصميم ، من الشائع حساب القوة الإضافية المتولدة في الذيل بضرب وزن الطائرة بعامل 1.05 (5٪) لحساب قوة القطع بدلاً من ذلك ، يمكن للمرء تقدير القوة المطلوبة بناءً على الوزن التصميمي المقدّر للطائرة وال moment التقريبي بين مركز الثقل CG والموقع المقدر للذيل.



الرفع يساوي الوزن بالاضافة الى (horizontal tail trim force) التي سوف ندرسها قريبا

- عامل الحمولة Load Factor

إذا قام الطيار بنقل الطائرة بزاوية 60 درجة خلال منعطف حاد ، يحتاج إلى إنتاج ضعف قوة الرفع للتصدي للوزن بسبب زاوية متجه الرفع بالنسبة للوزن (والذي يعمل دائمًا نحو الأسفل). في هذه الحالة ، ينتج الجناح قوة رفع تساوي ضعف وزن الطائرة ويقال إن الطائرة تسحب g2 (ضعف قوة الجاذبية) أو تعمل عند عامل تحميل 2.



يوضح المثال أعلاه أن هناك العديد من الحالات التي ستتجاوز فيها الطائرة تحميل g1. تعد إدارة الطيران الفيدرالية (من بين الهيئات التنظيمية الأخرى) مسؤولة عن ضمان امتثال جميع الطائرات المعتمدة لمعايير السلامة الأساسية. لذلك يتم نشر سلسلة من التعليمات والانظمة ، والتيتفصل عامل الحمولة الأدنى الذي يجب تصميم فئة طائرة معينة لتحمله. مثلا http://rgl.faa.gov/

Sec. 23.337

Limit maneuvering load factors.

(a) The positive limit maneuvering load factor n may not be less than--

[(1) $2.1+\frac{24,000}{W+10,000}$ for normal and commuter category airplanes, where W = design maximum takeoff weight, except that n need not be more than 3.8;]

(2) 4.4 for utility category airplanes; or

(3) 6.0 for acrobatic category airplanes.

(b) The negative limit maneuvering load factor may not be less than--

(1) 0.4 times the positive load factor for the normal, utility, and commuter categories; or

(2) 0.5 times the positive load factor for the acrobatic category.

(c) Maneuvering load factors lower than those specified in this section may be used if the airplane has design features that make it impossible to exceed these values in flight.

Amdt. 23-48, Eff. 03/11/96

الحد الأدنى لعامل تحميل حد التصميم هو دالة لتصنيف الطائرة التي يتم تصميمها. على سبيل المثال ، يترتب على ذلك أن الطائرة البهلوانية ستحتاج إلى عامل تحميل حد أعلى من طائرة ركاب بسبب الاختلاف في شدة المناورات التي من المتوقع أن تؤديها الطائرتان.

الاستخراج الموضح أعلاه يخص طائرة حاصلة على شهادة FAR Part 23 وهي معيار صلاحية الطائرات للطيران للطائرات Normal و Utility و Acrobatic و Commuter. لا تندرج الطائرات والطائرات التجارية الأكبر ضمن فئة FAR 23 ، وبالتالي فهي معتمدة وفقًا للجزء 25 من FAR وهو معيار صلاحية الطائرات للطيران الخاص بالنقل Transport Category Aircraft .

علاوة على تحديد الحد الأقصى لعامل الحمولة للمناورة ، يجب أن تكون الطائرة مصممة أيضًا لتحمل التحميل العنيف أثناء رحلة الطيران. التحميل خارج النطاق هو خارج نطاق هذا الكتاب التعليمي من السلسلة الخاصة بالمهندس فوزي الازرق ولكن تتم إحالة القارئ إلى FAR 23.341 للحصول على مزيد من المعلومات.

- تحميل الحد النهائي Limit and Ultimate Loading

يُعرف عامل حمل المناورة الأقصى المحدد لتصميم الطائرة باسم تحميل حد الطائرة aircraft limit load .

يتم تعريف الحمولة القصوى limit load على أنها الحد الأقصى للحمل المتوقع الذي ستراه الطائرة أثناء التشغيل العادي.

لا يكفي تصميم هيكل الطائرة لتكون قادرة على تحمل عبء الحد حيث لا يترك ذلك أي هامش أمان في التصميم. وبالتالي يتم مضاعفة الأحمال المحددة بعامل الأمان للوصول إلى مجموعة من الأحمال النهائية التي توفر هامش أمان في تصميم وتصنيع الطائرة. عامل الأمان القياسي

لتصميم الطائرات هو 1.5. وهذا ما يجعل الطائرات الوسيلة الأكثر امان التي سبق للانسان ان صنعها .

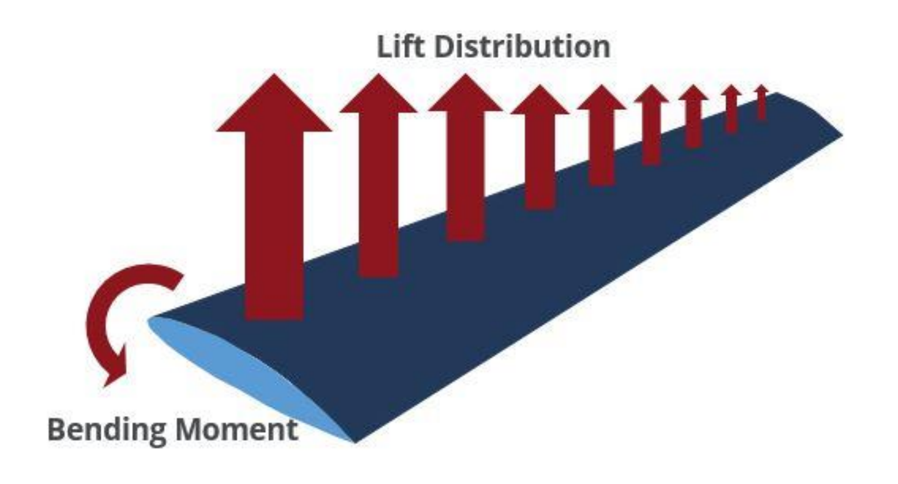
وبالتالي فإن عامل الحمولة النهائي ultimate load factor يساوي 1.5 مرة من الحد الأقصى المحدد في لائحة FAR.

تنص تعليمات FAR على أن الطائرة يجب أن تكون قادرة على تحمل أحمال الحد مع عدم وجود أي تشوه دائم للهيكل أو أي ضرر للتشغيل الآمن للطائرة. يمكن أن تؤدي الأحمال النهائية إلى تشوه يسمى plastic deformation في الهيكل ولكن يجب الاحتفاظ بها لمدة ثلاث ثوانٍ دون أي عطل (هذا النوع من التشوه تستطيع المادة الرجوع الى وضعها الاصلي دون ترك أثر) .

- القص والانحناء على الجناح Shear and Bending on a Wing

يتم تصميم الجناح ليس فقط لإنتاج قوة رفع مساوية لوزن الطائرة ، ولكن يجب أن ينتج رافعة كافية تساوي الحد الأقصى لوزن الطائرة مضروبًا في Ultimate Load Factor.

لذا فإن الطائرة التي تزن 12000 رطل ومصممة لعامل التحميل النهائي 4.5 يجب أن تكون قادرة بالتالي على إنتاج 54000 رطل من الرفع حتى السرعة التي تحكمها لوائح FAR سيكون هناك الحد الأدنى للسرعة التي يكون الجناح غير قادر على إنتاجها بالكامل من 54000 رطل من الرفع وهذا محكوم بمعامل الرفع الأقصى للجناح وسرعة السقوط الناتجة. بمجرد تحديد قوة الرفع القصوى التي يتوقع أن ينتجها الجناح ، يتم تقدير توزيع قوة الرفع هذه على امتداد الجناح. يكون توزيع الرفع على الجناح التقليدي مكافئًا بطبيعته ، حيث يرتفع من الطرف ويصل إلى الحد الأقصى عند الجذر.



يؤدي توزيع القوة الرأسية vertical force distribution الناتج على امتداد الجناح إلى ثني الجناح وانحنائه flex and bend للأعلى عند تحميله.

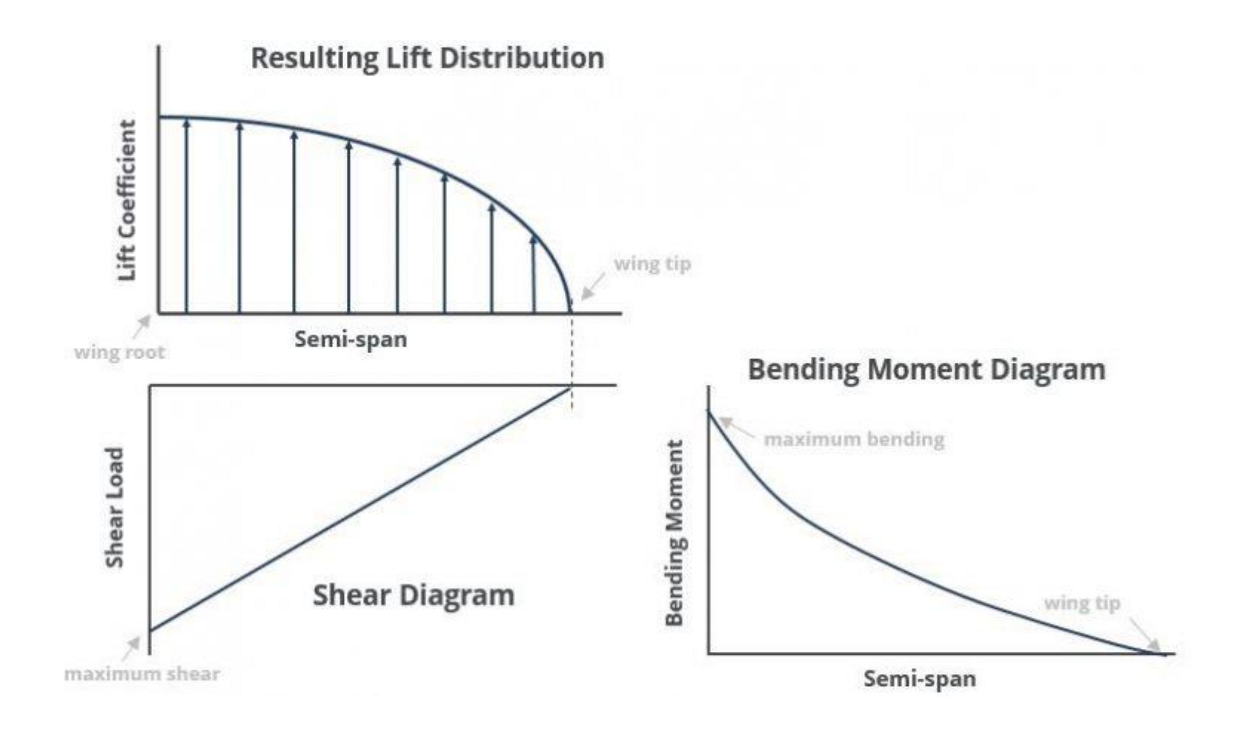
إذا نظرت من النافذة وفي جناح طائرة حديثة مثل بوينج 787 أثناء الإقلاع والهبوط ، فمن المؤكد أنك سترى درجة عالية من الثناء. ينتج الرفع الذي ينتج عن الجناح لحظة انحناء كبيرة في جذر الجناح يجب نقلها إلى صندوق الجناح (الهيكل الذي يربط الجناح بجسم الطائرة). لذلك هناك نوعان أساسيان من التحميل يجب تصميم هيكل الجناح لتحمله :

1 - قوة القص العامودي بسبب الرفع المتولدة vertical shear force due to the lift generated .

2 - لحظة الانحناء الناتجة عن توزيع الرفع bending moment arising from the lift distribution .

يتعرض الجناح أيضًا لأحمال الالتواء torsional الناتجة بين مركز الضغط ونقاط التعلق بالجناح وقوى القص الأفقية نتيجة لقوة السحب المؤثرة على الجناح .سوف نركز في هذا الدرس على vertical shear و bending moment .

يظهر أدناه جناح نموذجي يوضح حمولة الرفع الموزعة distributed lift load والرسومات البيانية الناتجة عن القص shear والانحناء bending moment الناتجة عن هذا التحميل. في كلتا الحالتين ، من الواضح أن موقع أعلى القص والانحناء هو جذر الجناح wing root .



- مكونات هيكل الجناح Wing Structural Components

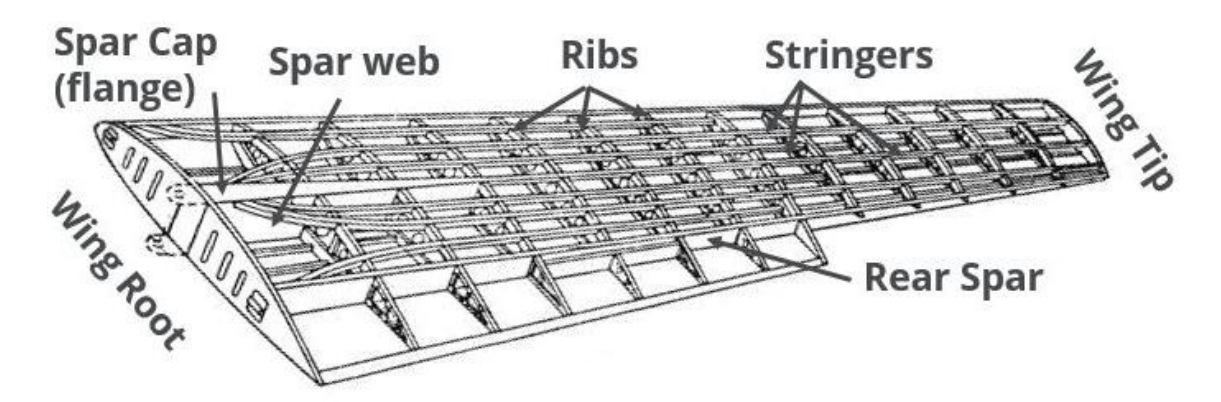
الهدف الأساسي للهيكل الداخلي للجناح هو مقاومة shear and bending moments التي تعمل على الجناح في عامل التحميل Ultimate.

الهدف الثانوي هو جعل الجناح خفيفًا قدر الإمكان دون المساس بالسلامة الهيكلية للتصميم كما هو موضح أعلاه في التعليمات .

ليست هناك حاجة لجعل الجناح أكثر قوة مما يحتاج إليه ، وأي تقوية زائدة (سوف تزيد وزن الجناح بسبب المواد الإضافية) وبالتالي ستقلل من الحمولة الصافية للطائرة مما يجعلها غير قادرة على المنافسة أو غير اقتصادية للعمل.

في الواقع ، يتم تحليل الجناح باستخدام طرق حسابية للعديد من مجموعات التحميل المختلفة ثم تخضع لاختبار ثابت في عامل التحميل النهائي لإظهار أن الفشل لن يحدث تحت الحمل النهائي ثم تجربة التحليق بالطائرة .

عادةً ما يتم تصميم جناح الطائرة بنهج يسمى semi-monocoque مثل الموضح في الشكل التالي:





سوف نقوم في شرح المكونات ادناه :

Spar Cap (flange)

تتكون من الحواف العلوية والسفلية المربوطة مع spar webs وهي تحمل ال bending moment المتولد في الجناح في الطيران , spar cap العلوية سوف تحمل على شكل (compression) ومن الجدير ذكره حتى تمكن من فهم هذا الدرس يجب دراسة خصائص المواد ومقاومة المواد في الفيزياء والهندسة , اما spar cap السفلية تحمل على شكل (tension) (الجناح ينحني إلى الأعلى). ويعمل على حماية wing skin من ال buckling .

ويتم توصيل نقاط التحميل المركزة مثل حوامل المحرك أو معدات الهبوط الى main spar .

Spar web

تتكون spar web من مادة بين spar caps ويحافظ على تباعد ثابت بينهما. هذا يسمح ل spar caps للعمل في (bending) pure tension and compression اثناء الطيران وهي هي المسؤولة عن حمل vertical shear loads (الرفع) الذي ينشأ من التحميل الديناميكي للجناح. ويشار إلى spar webs وcaps باسم wing spar .

Wing Ribs

هي الحدود التي يوضع عليها هيكلًا مناسبًا .

Stringers/Stiffeners

الأوتار جزءًا من الحدود التي يربط عليها غطاء الجناح ويدعم الجلد ضد الانحناء تحت الحمل.

skin

ينقل غطاء الجناح أحمال القص في الطائرة إلى الهيكل المحيط ويعطي الجناح شكله الديناميكي.

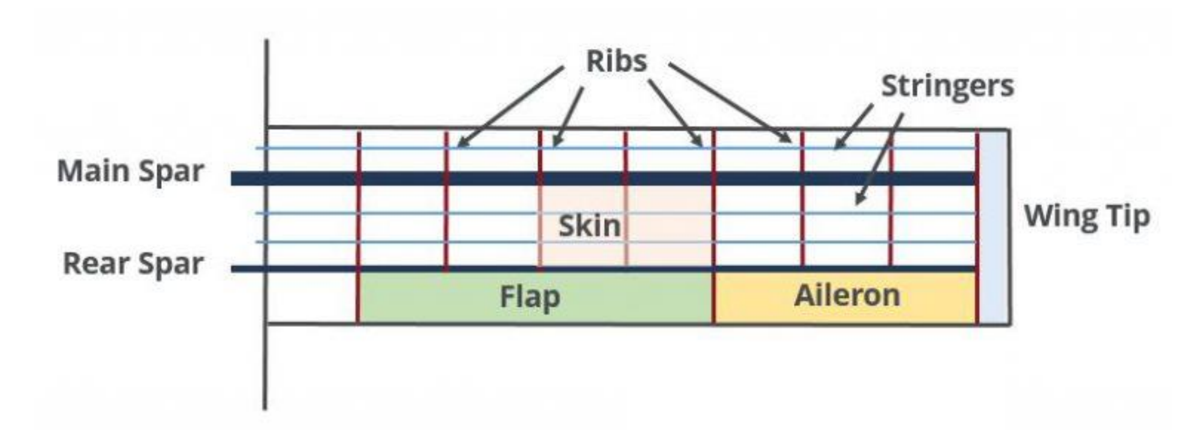
بعض قواعد التصميم :

1 – مكان main spar عموما يقع في أو بالقرب من موقع الوتر 25 ٪. يوجد المركز الديناميكي الهوائي للجناح عند ربع وتر تقريبًا وهو الموقع على الجناح حيث يكون moment coefficient مستقلًا عن زاوية الهجوم. من الممارسات الجيدة للتصميم تحديد موقع main spar بالقرب من مركز الديناميكا الهوائية.

2 - غالبًا ما يلزم وجود rear spar خلفي من أجل إرفاق trailing edge flap and aileron surfaces بهيكل الجناح الرئيسي.

3 - سوف تحتاج Ribs إلى وضعها في أي نقاط في الجناح التي يتم إدخال الأحمال المركزة. مثل أبراج المحرك وأدوات الهبوط وتوصيلات الجنيحات

يظهر أدناه تخطيط لجناح مستطيل بسيط مع مراعاة قواعد التصميم الموضحة أعلاه.



يستخدم تحليل shear flow لتحليل ابعاد سمك wing skin و shear webs . shear force diagram يتم حسابه عند الحد الأقصى لعامل التحميل الذي يعمل بعد ذلك على تحديد التباين في قوة القص على طول امتداد الجناح.

وبالتالي فإن ناتج shear stress and the thickness على طول skin يطلق عليه تدفق القص . shear flow

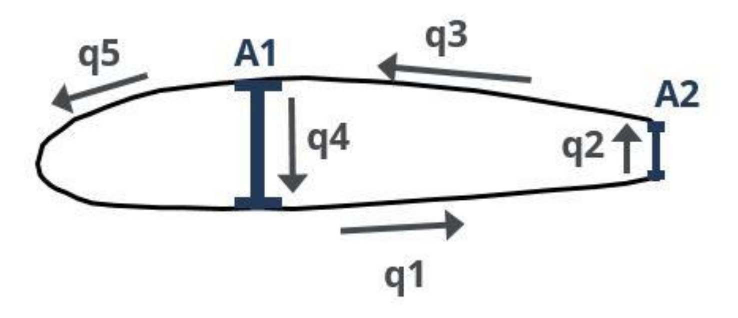
$$q=\tau\times t$$

حيث ان :

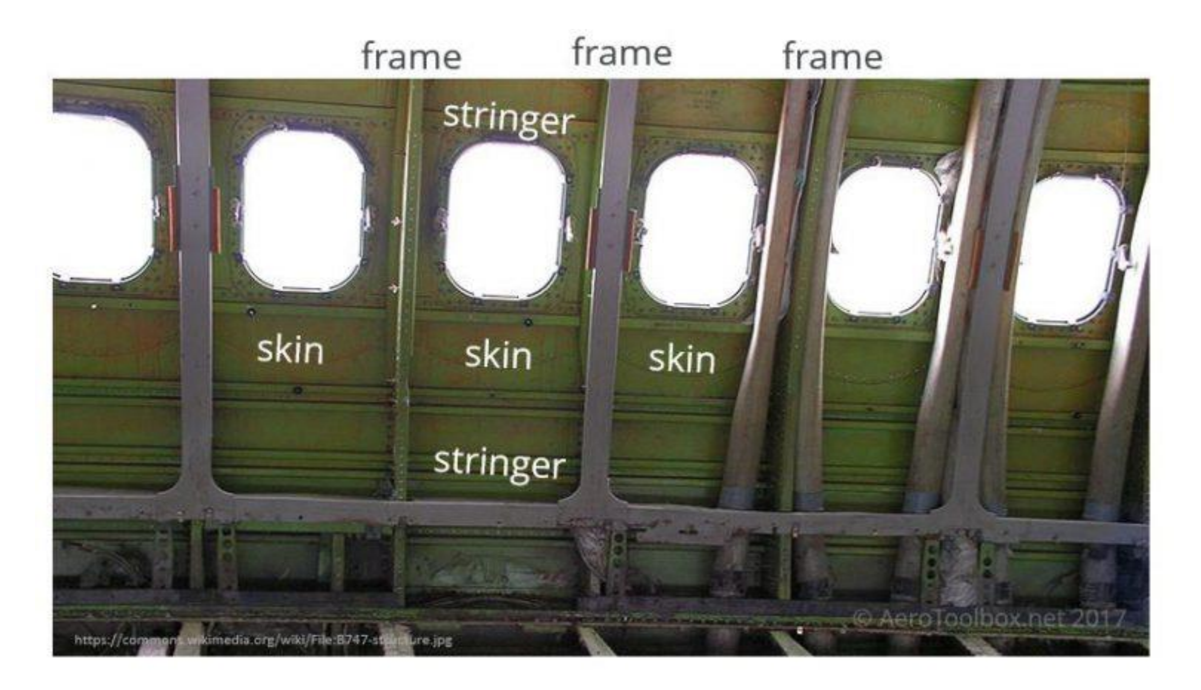
q	Shear flow (N / mm)
τ	Shear Stress (N / mm^2)
t	Skin thickness (mm)

لذلك يمكن بناء قسم الألواح panel section من الجناح على شكل مجموعة من skins حيث يكون سمكها متغيرًا ، وبمجرد معرفة تدفقات القص على كل شكل من الأشكال ، يمكن أن تختلف سماكة الأشكال حتى يصبح إجهاد القص في كل skinأقل من إجهاد القص المسموح به.

تحليل تدفق القص على هيكل جناح بسيط :



القي نظرة داخل الطائرة :



في الحقيقة لن ننتهي بعد من تحليل الجناح وبناؤه , سنكتفي في هذا القدر لنتابع مسيرة الكتاب وهو بناء طائرات التحكم عن بعد ليس طائرات للركوب .

- تصميم الذيل الأفقي والرأسي Horizontal and Vertical Tail Design



في الدروس السابقة نظرنا إلى كل من الجناح وجسم الطائرة بشيء من التفصيل. ننتقل الآن إلى قسم ذيل الطائرة ونفحص وظيفة الذيل الأفقي والرأسي. بعد ذلك ، سنقدم طريقة تجريبية لابعاد كلا السطوح على تصميم الطائرة .

تقريبا جميع الطائرات التي تطير اليوم لديها ذيل يقع في الجزء الخلفي من جسم الطائرة. في حين أن هناك عددًا من خيارات الذيل المحتملة ، فإن الغالبية تتكون من سطح أفقي وسطح رأسي يعمل على تثبيت الطائرة في المحور الطولي والاتجاهي على التوالي. يتم عرض سطحي للذيل أدناه في تصميم تقليدي على Cessna 172.



تُعرف مجموعة الذيل (المثبت الأفقي والرأسي) أيضًا باسم مجموعة المصطلحات التي تنشأ من المصطلح الفرنسي "إمبيرينر" والتي تعني "ريشة السهم". على غرار الطريقة التي يعمل بها الريش على السهم على استقرار السهم أثناء الطيران ، يضمن الذيل أن تتبقى الطائرة مستقرة خلال جميع مراحل التشغيل.

ذيل الطائرة له هدفين رئيسيين:

1 – توفير الاستقرار stability في المحاور الطولية (pitch) والاتجاهية (yaw) أثناء الطيران .

2 - للمساعدة في التحكم والسيطرة على الطائرة عن طريق حركة أسطح التحكم المتحركة .

- تصنيف ذيول الطائرات

هناك عدد من ترتيبات القيادة المشتركة التي تلتزم بها معظم الطائرات. فيما يلي بعض التكوينات الأكثر شيوعًا:









كما يوحي الاسم ، فإن ترتيب الذيل التقليدي conventional tail هو الأكثر شيوعًا. في هذا التكوين ، يقع الذيل العمودي في الجزء الخلفي من جسم الطائرة مع استقرار الأفقي تعلق على جسم الطائرة أسفل الذيل العمودي. يعمل هذا الترتيب جيدًا عندما يتم وضع محركات الطائرات أسفل الجناح (كما هو موضح في B737-800) حيث قد يتم الاحتفاظ بعادم المحرك الساخن بعيدًا عن المثبت الأفقي. هذا ترتيب فعال من الناحية الهيكلية حيث يتم تثبيت المثبت الأفقي مباشرة على جسم الطائرة وبالتالي يمكن إدخال وتوزيع الحمل الناتج مباشرة في هيكل جسم الطائرة.

غالبًا ما تستخدم الطائرات ذات الجناح العالي (مثل A400M في الصورة أعلاه) ترتيبًا على شكل حرف T حيث يتم تثبيت المثبت الأفقي على الجزء العلوي من جهاز التثبيت العمودي.

غالبًا ما تستخدم t-tails عندما يتم تثبيت المحركات في الجزء الخلفي من جسم الطائرة كما هو الحال غالبًا على طائرات رجال الأعمال.يتطلب تثبيت المثبت الأفقي أعلى الذيل العمودي أن

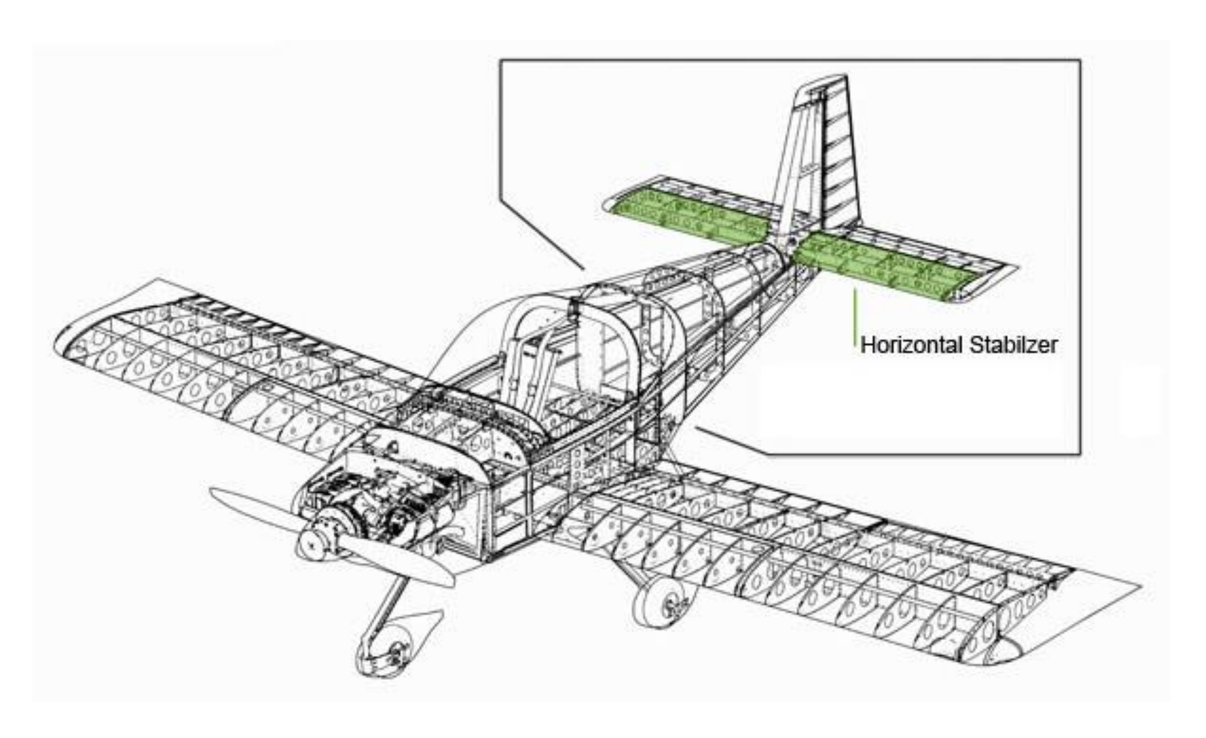
يكون هيكل الذيل أقوى (أثقل) لاستيعاب مقدمة الحمل من الذيل الأفقي مباشرة في الذيل العمودي.

في مكان ما بين التكوينين التي نوقشت أعلاه هو ترتيب الذيل الصليبي cruciform tail . هنا يتم وضع الذيل الأفقي بالقرب من منتصف الذيل العمودي. تم تصميم Cessna T303 المبين كمثال للترتيب الصليبي على الأرجح على شكل صليبي لتقليل تدفق أعقاب المروحة على الذيل الأفقي.

تم تصميم عدد قليل من الطائرات ، مثل طراز Beech Bonanza 35 ، بترتيب V - الذيل حيث يتم استبدال الأسطح التقليدية الثلاثة (الذيل العامودي ، والمنفذ starboard (L) ، وأجزاء الذيل الأفقي الميمنة (R)) بسطحين موضوعين في تشكيل V .

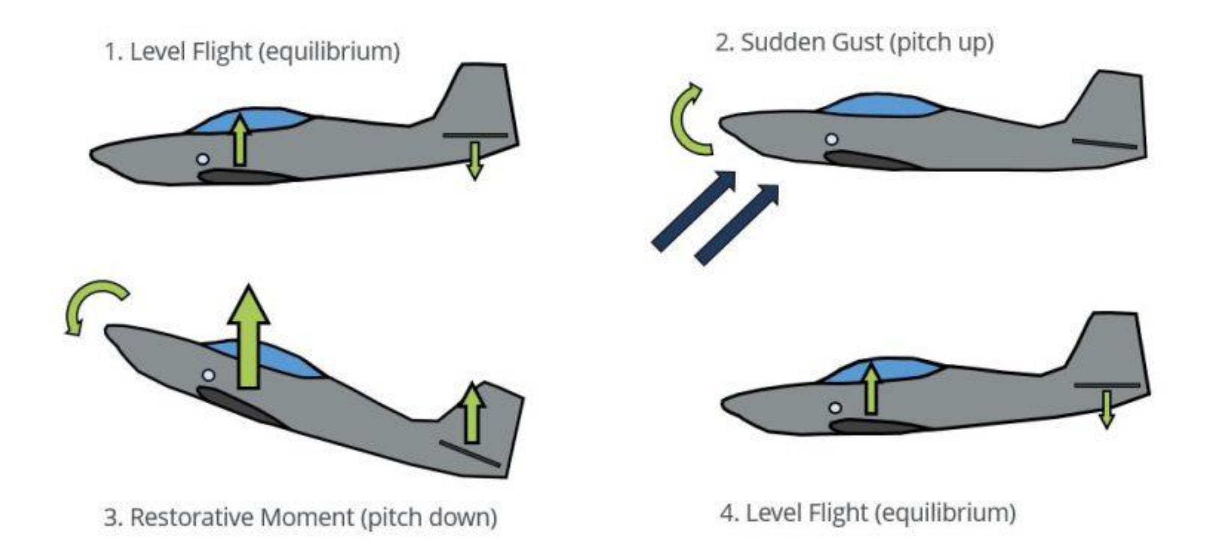
تعمل المكونات الأفقية والعمودية للأسطح كمثبت أفقي ورأسي على التوالي. تم إنتاج Bonanza V- الذيل بين عامي 1947 و 1982 قبل التخلص التدريجي منها لصالح طراز 33 و 36 ذي الذيل التقليدي. ومن بين الطائرات التي صُممت مؤخرًا على شكل V ، طائرة Northrop Grumman RQ-4 Global Hawk الجوية بدون طيار والتي حلقت لأول مرة في عام 1998.

- المثبت الأفقي Horizontal Stabilizer



لفهم سبب احتياج الطائرة التقليدية إلى أداة تثبيت أفقية ، يحتاج المرء فقط إلى رسم متجهات القوة العاملة على الطائرة أثناء الطيران , سيتم دائمًا تصميم طائرة ذات مثبت أفقي في الجزء الخلفي من جسم الطائرة بحيث يكون مركز الثقل centre of gravity سنرمز له(**c.g**) متقدماً ahead of على مركز الرفع بالجناح wing's centre of lift .

انه تصميم متعمد لأنه يعني أنه في أي وقت تنطلق أنف الطائرة ، يوفر الجناح restorative moment تميل إلى إعادة الأنف إلى أسفل. وهذا ما يسمى الاستقرار الساكن static stability الطولي وهو السمة المميزة لطائرة آمنة ومستقرة.

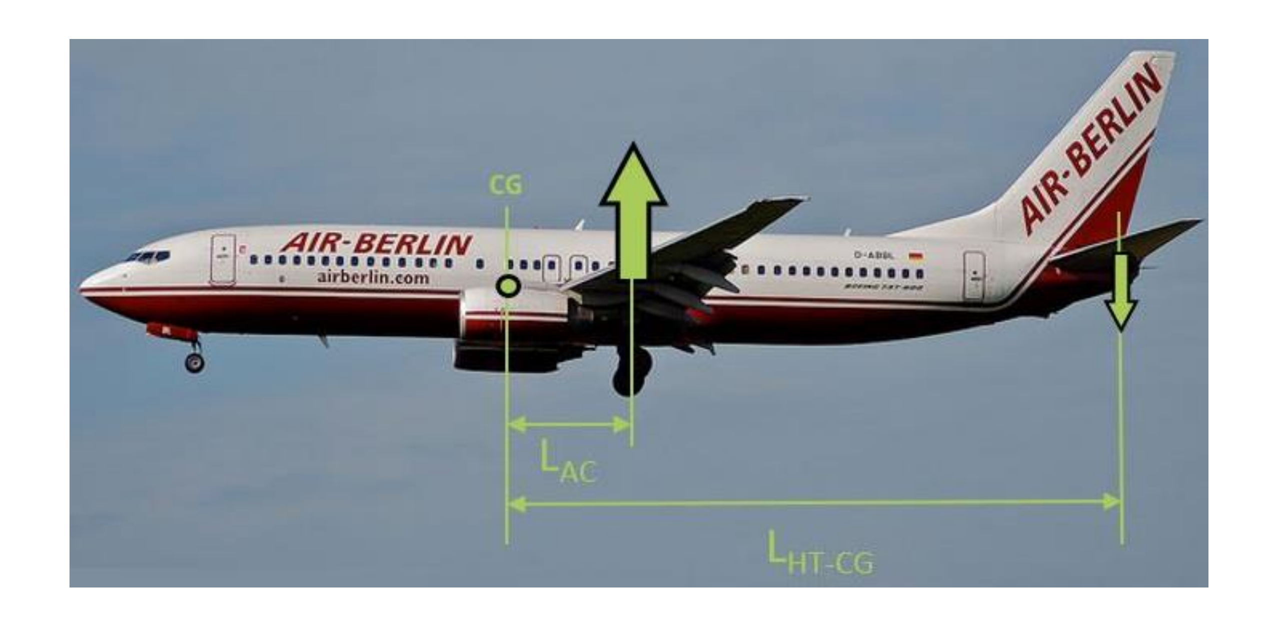


من أجل تحقيق توازن pitch-down moment المتولدة من الجناح يكون moment قيمة متساوية ولكن عكس الاتجاه للمحافظة على اتزان الطائرة .

يتم إنشاء هذا moment بواسطة الذيل الأفقي وهي تساوي normal force الناتجة عن جهاز التثبيت مضروبة في المسافة بين c.g.

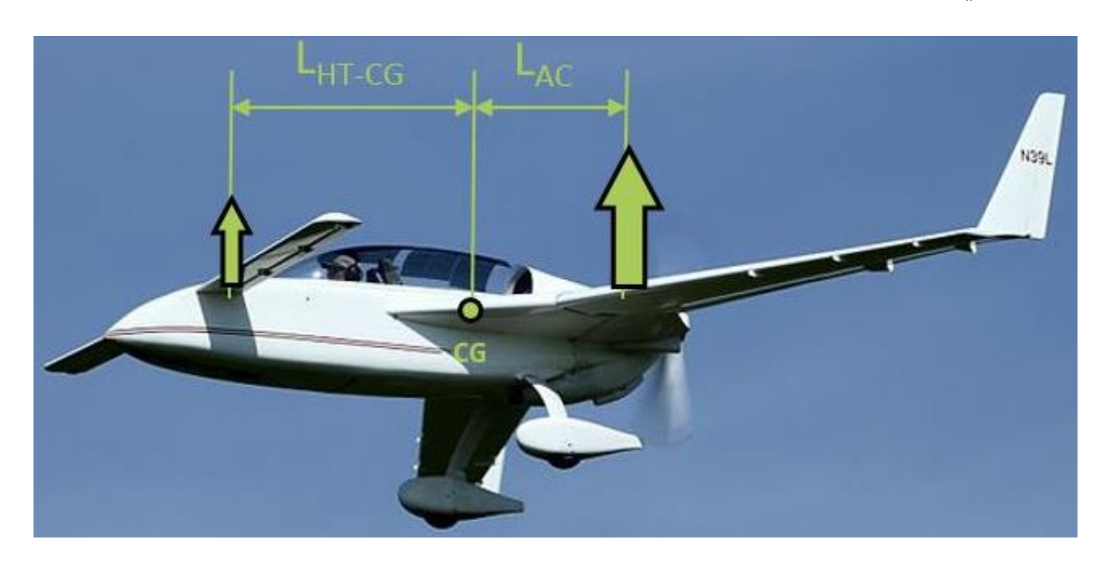
ومركز الضغط (downforce) للمثبت الأفقي . سيتطلب ترتيب مع ذيل الجزء الخلفي من الطائرة أن تكون القوة الديناميكية الهوائية الناتجة عن جهاز التثبيت الأفقي في اتجاه الهبوط في مستوى الطيران.

الصورة ادناه توضح كل ما سبق :



وتركيب آخر للمثبت الافقي , بعض الأحيان نرى طائرات غريبة مثل كانارد. هنا يتم وضع المثبت الأفقي أمام الجناح بدلاً من الخلف.

يعمل هذا التكوين بنفس الطريقة التي يعمل بها التخطيط التقليدي باستثناء أن قوة الموازنة الناتجة عن أداة التثبيت الأفقية (canard) تصاعدية وليست نزولية. في هذا التكوين ، لا يزال مركز الثقل متقدمًا على مركز رفع الجناح وعلى هذا النحو ، تظل الطائرة ثابتة بشكل ثابت في المحور الطولي :

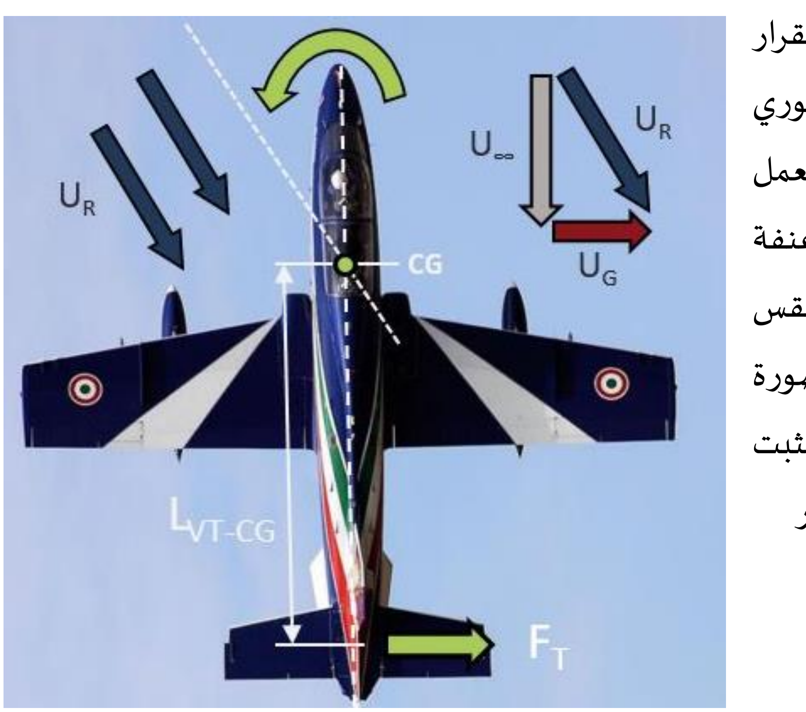


أخيرًا ، تجدر الإشارة إلى أن عامل التثبيت الأفقي ليس دائمًا شرطًا أساسيًا لإنتاج طائرة مستقرة. تم تصميم الأجنحة الطائرة مثل Northrop Grumman B-2 Spirit يسمح للطائرة بالبقاء ثابتة من دون استقرار أفقي بشرط أن يكون مركز الأيروديناميكي للجناح خلف c.g.



- المثبت العامودي Vertical Stabilizer

على غرار الطريقة التي يتحكم بها المثبت الأفقي في الاستقرار الطولي للطائرة ، تم تصميم المثبت العمودي للتحكم في الاستقرار في المحور الاتجاهي أو المحوري directional or yaw axis . يعمل بنفس الطريقة مثل الزعنفة الخلفية في دوامة الطقس weather vane . الصورة المجاورة مثال على المثبت العامودي لتحقيق الاستقرار



لنفرض ان الطائرة تطير وسط رياح قوية gust قيمتها U_G تسبب العاصفة السرعة فوق الذيل العمودي بحيث يميل الذيل بفعالية في زاوية الهجوم على الرياح النسبية (U_R) وهذا يسبب قوة رفع F_T ليتم انشاؤها مثل ال moment $F_T \times L_{VT}$ ضوسوف تنحرف الطائرة الى سرعة الرياح النسبية . هذا هو الوضع المستقر stable situation ، يشبه إلى حد كبير دوامة الطقس ، سوف تميل الطائرة دائمًا إلى الإشارة إلى اتجاه الريح النسبية. إذا تم وضع المثبت العمودي في مقدمة مركز الثقل ، فسيكون لذلك تأثير مزعزع للاستقرار ويميل إلى دفع الطائرة بعيدًا عن الرياح النسبية.

- التحكم في السطوح Control Surfaces

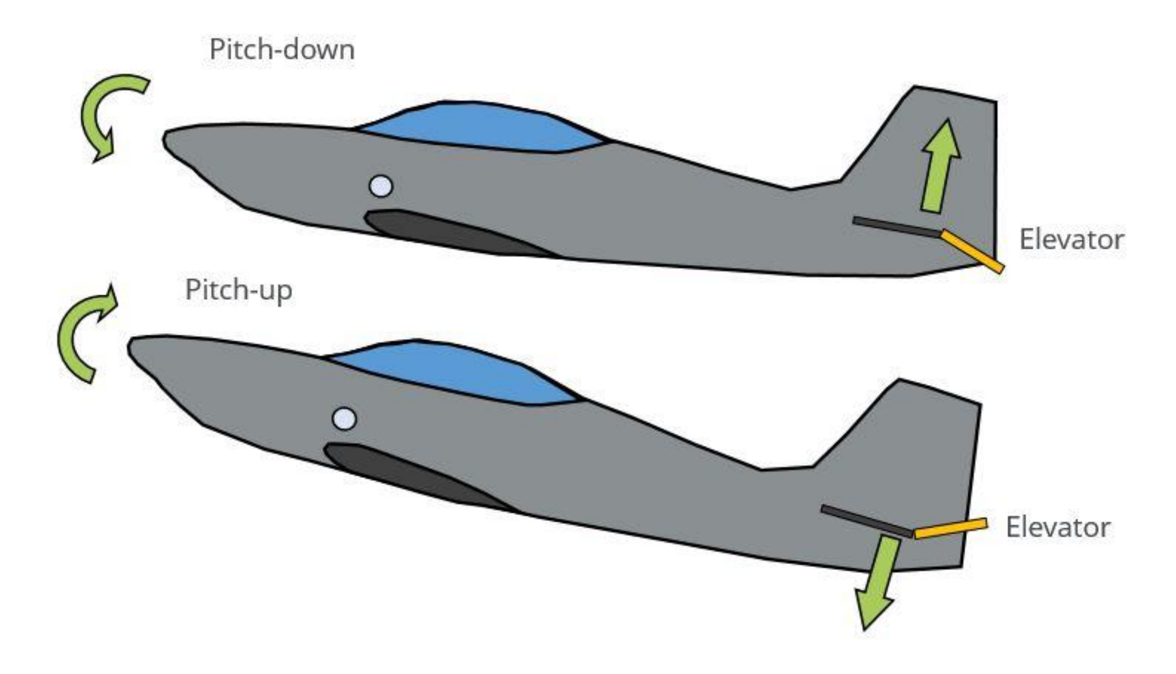
يعد تثبيت الطائرة أثناء الطيران أحد الهدفين الأساسيين للذيل الرأسي والأفقي , والثاني هو توفير منصة يمكن من خلالها التحكم في حركة الطائرة ومعالجة مسارها عبر الهواء. تم تجهيز كل من المثبتات بسطح تحكم أولي. مصعد elevator للتحكم في pitch على المثبت الأفقي ، ودفة rudder للتحكم في الانحراف على الذيل العمودي.

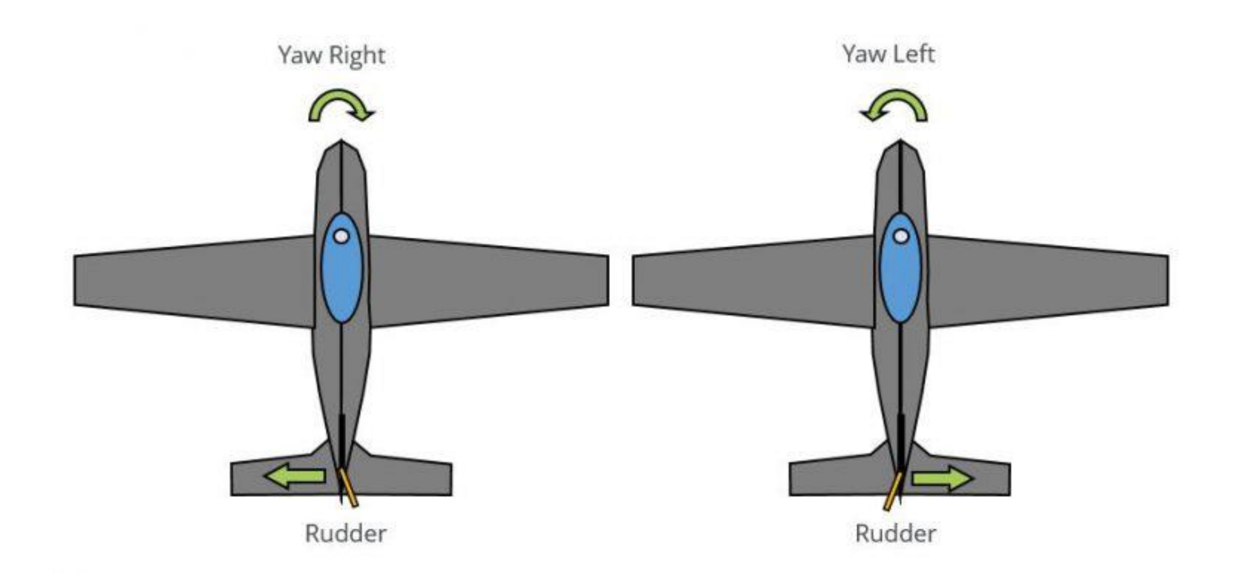
تظهر كل من أسطح التحكم الأساسية وعلامات القطع trim الثانوية الأصغر في الصورة أدناه , تسمح علامات القطع للطيار بإصلاح وضع التحكم بحيث تبقى الطائرة في تكوين ديناميكي ثابت مع وضع اليد على عمود التحكم.





المصعد elevator والدفة rudder كلاهما من الأسطح المتحركة المثبتة على الحافة الخلفية للمثبت الأفقي والرأسي على التوالي. يؤدي انحراف سطح التحكم إلى تعديل حدبة السطح التي تُحدث قوة طبيعية لاتجاه الطائرة ، وتدور الطائرة حول مركز الثقل إما pitch (elevator) أو yaw (rudder).





- ابعاد اسطح التثبيت Sizing the Stabilizer Surfaces

يعد تغيير ابعاد الذيل العامودي والأفقي عملية تكرارية خلال المراحل الأولية للتصميم ، وهي عملية تجريبية إلى حد كبير!. نقطة الانطلاق الجيدة هي أولاً دراسة الطائرات الحالية ذات الابعاد والتكوين المتماثلين ، واستخدام هذا كأساس لتغيير ابعاد التصميم الخاص بك. تتمثل وظيفة التصميم الأساسية لكلا أسطح التثبيت في توفير الثبات في محاور كل منهما ، وبالتالي فإن تغير ابعاد الأسطح في البداية وفقًا لما يطير حاليًا يجب أن يوفر لك تقريبًا أولي جيد للحجم المطلوب.

تذكر أنه كلما كان سطح التثبيت النهائي أكبر ، زادت مساهمة ذلك السطح في إجمالي سحب الطائرات ،وهكذا يجب أن يكون حجم الذيل صغيرًا بقدر الإمكان ولكنه كبير بما يكفي لضمان تلبية جميع معايير الاستقرار.

تتمثل إحدى الطرق الشائعة في وضع الابعاد الأولية لأسطح التثبيت في الاستفادة من non-dimensional volume ratios التي تربط ابعاد الجناح وطول الطائرة بمنطقة الذيل الأفقي والرأسي المطلوبة.

1 - نسبة حجم الذيل الأفقي (المثبت) Horizontal tail (stabilizer) volume ratio :

$$C_{HT} = \frac{S_{HT} \cdot L_{HT}}{S_W \cdot c_{MAC}}$$

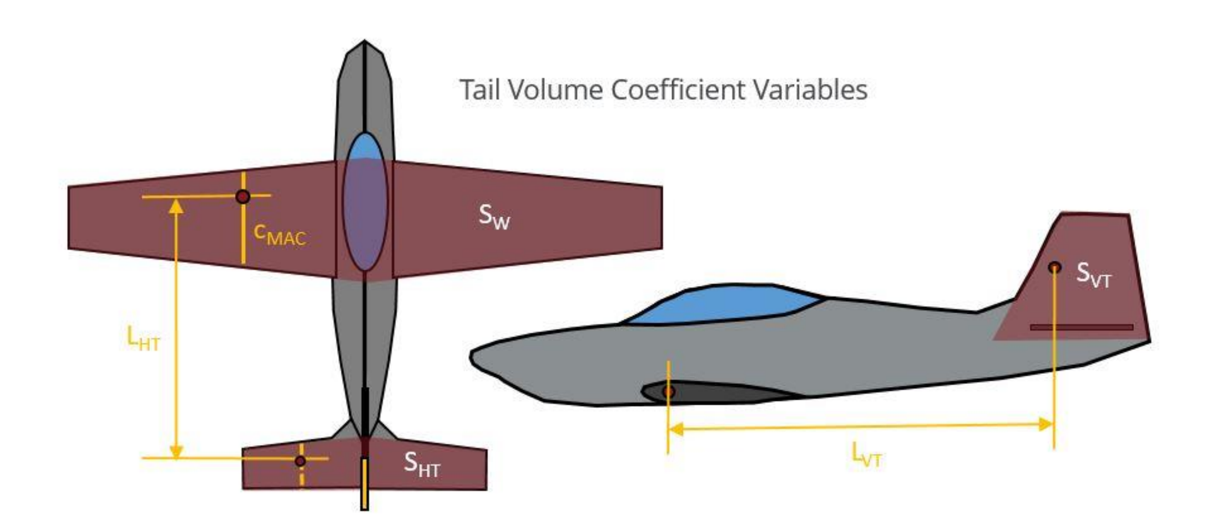
2 - نسبة حجم الذيل العامودي (المثبت) Vertical tail (stabilizer) volume ratio :

$$C_{VT} = \frac{S_{VT} \cdot L_{VT}}{S_W \cdot c_{MAC}}$$

حيث ان :

S_W	مساحة الجناح – Wing Area
c_{MAC}	متوسط الوتر الديناميكي – Mean Aerodynamic Chord
S_{HT}	مساحة الذيل الافقي – Horizontal Tail Area
S_{VT}	مساحة الذيل العامودي - Vertical Tail Area
L_{HT}	Length between the aerodynamic centers of the wing and horizontal tailplane - الطول بين مراكز الجناح والذيل الأفقي
L_{VT}	Length between the aerodynamic centers of the wing and vertical tailplane - الطول بين مراكز الجناح والذيل العامودي

انظر الى الصورة اناه :



تحتوي أنواع الطائرات المختلفة على نسب مختلفة للحجم المستهدف ، فيما يلي بعض الأمثلة على أنواع الطائرات ونسب الحجم المستهدفة المقابلة. تم وضع وتنسيق الجدولين أدناه بشكل جيد من قبل بريانكا باروا ، طاهر سوسا وديتر شولز في مذكرة فنية بعنوان Empennage Statistics and Sizing Methods for Dorsal Fins مكتوبة في جامعة هامبورغ للعلوم التطبيقية.

تم استنساخ الجداول حرفيًا ويتم تشجيع القراء المهتمين على الاطلاع على الورقة الكاملة المتوفرة .

Horizontal Tail Volume Coefficients

Aircraft Type	Raymer	Roskam	Torenbeek	Howe	Schaufele	Jenkinson	Nicolai
Sailplane	0.500			0.500			
Civil props							
Homebuilts	0.500	0.467					
Personal					0.48-0.92		
GA[a]- Single engine	0.700	0.667		0.650			
GA[a]- Twin engine	0.800	0.786		0.850			
Commuter					0.46-1.07		
Regional Turboprop	0.900	1.075	1.006	1.000	0.83-1.47		
Jet							
Business Jets		0.721	0.691	0.700	0.51-0.99		
Jet transport	1.000	1.010	0.904	1.200	0.54-1.48	0.875	
Supersonic Cruise Airplanes		0.535					
Military							
Jet Trainer	0.700	0.639		0.650			
Jet Fighter	0.400	0.362			0.20-0.75		0.307
Military Transport	1.000	0.891	0.850	0.650			
Special Purpose							
Agricultural	0.500	0.526					
Flying Boat	0.700	0.641					

[a] GA stands for General Aviation

Vertical Tail Volume Coefficients

Aircraft Type	Raymer	Roskam	Howe	Toren. [a]	Schaufele	Jenk. [b]	Nicolai
Sailplane	0.020		0.018				
Civil props							
Homebuilts	0.040	0.036					
Personal					0.024 ... 0.086		
GA- single engine	0.040	0.043	0.050				
GA- twin engine	0.070	0.062	0.065				
Commuter					0.041 ... 0.097		
Regional Turboprop	0.080	0.083	0.080	0.077	0.065 ... 0.121		
Jet							
Business Jets		0.073	0.065	0.069	0.061 ... 0.093		
Jet transport	0.090	0.079	0.090	0.074	0.038 ... 0.120	0.076	
Supersonic Cruise Airplanes		0.062	0.065				
Military							
Military Trainer	0.060	0.061	0.065				
Military Fighter	0.070	0.077			0.041 ... 0.130		0.064
Military Transport	0.080	0.073	0.065				
Special Purpose							
Agricultural	0.040	0.032					
Flying Boat	0.060	0.050					

[a] Toren. stands for the author Torenbeek
[b] Jenk. stands for the author Jenkinson

باستخدام معاملات حجم الذيل الواردة أعلاه ، يمكن تقدير مساحة الذيل الأفقي والرأسي. بمجرد معرفة مساحة التثبيت ، يمكن رسم الشكل المخطط بعد تحديد نسبة العرض إلى الارتفاع ونسبة aspect and taper ratio .

فيما يلي بعض القواعد العامة التي قد تكون مفيدة عند تحديد منطقة شكل الذيل الأفقي والرأسي:

يجب أن تكون نسبة العرض إلى الارتفاع في الذيل الأفقي دائمًا أقل من نسبة العرض إلى الارتفاع للجناح.

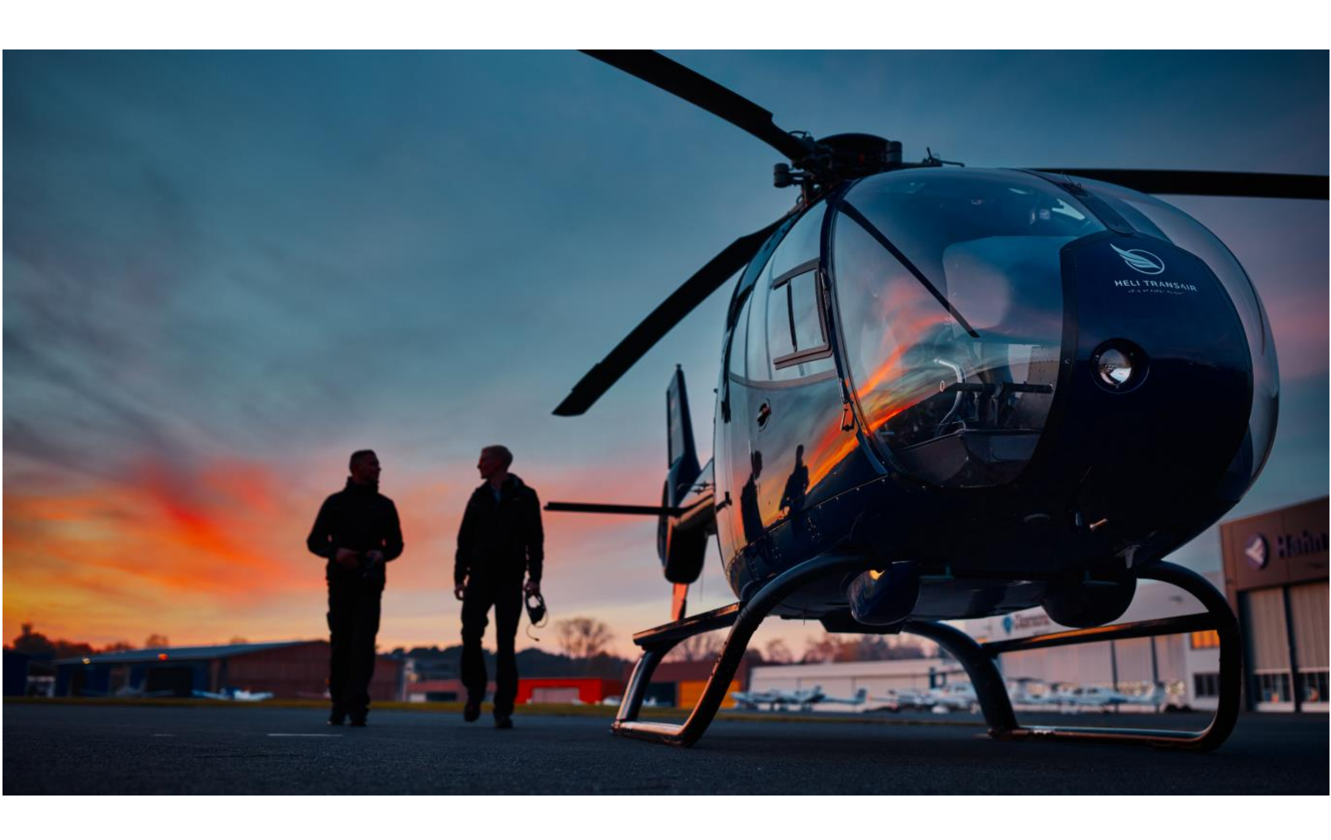
تسقط (stall) أجنحة نسبة العرض إلى الارتفاع في زوايا الهجوم الأعلى ، ويترتب على ذلك أن يكون للمثبت الأفقي نسبة عرض إلى ارتفاع منخفضة بحيث تظل سلطة التحكم متوفرة بعد توقف الجناح.

نسبة العرض إلى الارتفاع النموذجية للذيل العمودي في حدود 1.3 إلى 2.0 .

الطريقة التجريبية الموضحة أعلاه مفيدة كتقريب أولي لابعاد وشكل المثبتات المطلوبة. هذا من شأنه أن يشكل عادة مدخلات لتحليل أكثر تفصيلا للأسطح بما في ذلك تغيير حجم المصعد ، الدفة ، وعلامات القطع المرتبطة وكذلك دراسة مفصلة لخصائص الاستقرار للطائرة. سيتعين إجراء تحليل ثابت وديناميكي للاستقرار ويشمل حسابات مثل:

Longitudinal static stability	هل ستعود الطائرة إلى حالتها الاصلية بعد عاصفة صعودية أو هبوطية
Directional static stability	-
VMCA calculation	هي الطائرة قادرة على الحفاظ على التحكم في الاتجاه باستخدام محرك واحد لا يعمل بسرعة قريبة من السقوط
Longitudinal and Lateral trim calculation	هي الطائرة القادرة على البقاء في لمجموعة متنوعة من السرعات والارتفاعات
Spin recovery	-
Tail stall	-
Deep stall	-
Handling quality tests	-
Horizontal stabilizer incidence	-

كما ترون من قائمة العمليات الحسابية المذكورة أعلاه ، هناك الكثير من التحليلات التي تتناول ابعاد الذيل الأفقي والرأسي. إن ما تم كتابته أعلاه يشكل مقدمة أساسية لأسطح القيادة الموجودة على متن الطائرة ، ونأمل أن تزودك بنقطة انطلاق لكيفية القيام بتصميم الذيل لطائرة جديدة , فالأمر بحاجة الى دراسة العديد من المراجع لفهم وتصور الديناميكة الهوائية وتصميم الطائرات كمهندس ناجح .



تحلق طائرة هليكوبتر لنفس السبب الأساسي المتمثل في أن أي طائرة تقليدية تطير ، نظرًا لأن القوات الديناميكية الهوائية اللازمة لإبقائها عاليا يتم إنتاجها عندما يمر الهواء حول ريش الدوار rotor blades .

الريش الدوار rotor blade ، أو الجناح ، هو الهيكل الذي يجعل الطيران ممكن. ينتج شكله الرفع lift عندما يمر عبر الهواء. وعادةً ما يتعين على المصمم تسوية الاجنحة للحصول على الطيران للمهمة التي ستقوم بها الطائرة.

أقسام Airfoil هي من نوعين أساسيين ، متناظرة symmetrical وغير متناظرة nonsymmetrical.

الاجنحة المتناظرة لها سطح علوي وسفلي متطابق , إنها مناسبة للتطبيقات ذات الأجنحة الدوارة نظرًا لعدم وجود أي مركز تقريبًا من الضغط عليها. وتوفير أفضل نسب الرفع لمجموعة كاملة من السرعات من جذر شفرة الدوار rotor blade root إلى الحافة tip .

ومع ذلك ، فإن الجنيح المتناظر ينتج عنه رفع أقل من الجنيح غير المتماثل nonsymmetrical وله أيضًا خصائص سقوط غير مرغوب فيها نسبيًا.

يجب أن تتكيف شفرة المروحية helicopter blade مع مجموعة واسعة من السرعات الهوائية وزوايا الهجوم خلال كل دورة في الدوار. يوفر الجنيح المتماثل أداء مقبولًا في ظل هذه الظروف المتناوبة. الفوائد الأخرى هي انخفاض تكلفة وسهولة البناء بالمقارنة مع الجنيح غير متناظر.

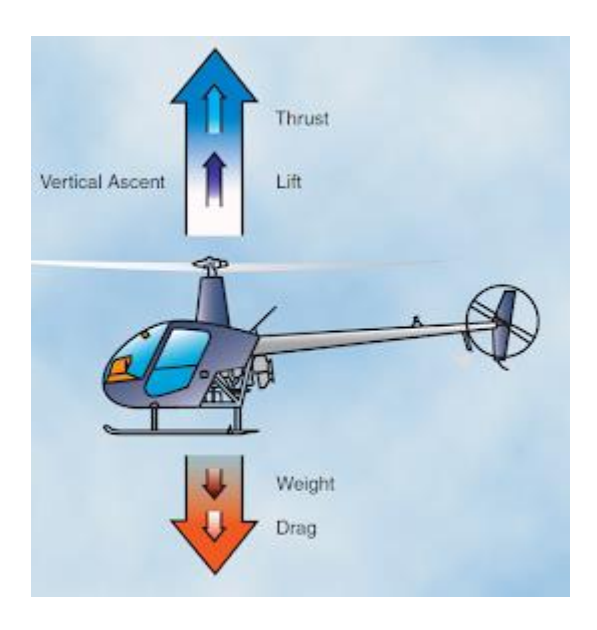
الجناح غير المتماثل له مجموعة واسعة من تصميمات السطح العلوي والسفلي. يتم استخدامها حاليًا في بعض طائرات CH-47 وجميع طائرات الهليكوبتر OH-58 التابعة للجيش وتستخدم بشكل متزايد على الطائرات المصممة حديثا. تتمثل مزايا الجنيح غير المتماثل في زيادة نسب lift-drag ratios وخصائص السقوط المرغوبة.

لم يتم استخدام الجنيحات غير المتماثلة في الطائرات العمودية السابقة لأن مركز موقع الضغط يتحرك كثيرًا عندما تم تغيير زاوية الهجوم. عندما يتحرك مركز الضغط ، يتم ممارسة قوة التواء twisting force على شفرات الدوار. يجب تصميم مكونات نظام الدوار بحيث تقاوم قوة الالتواء.

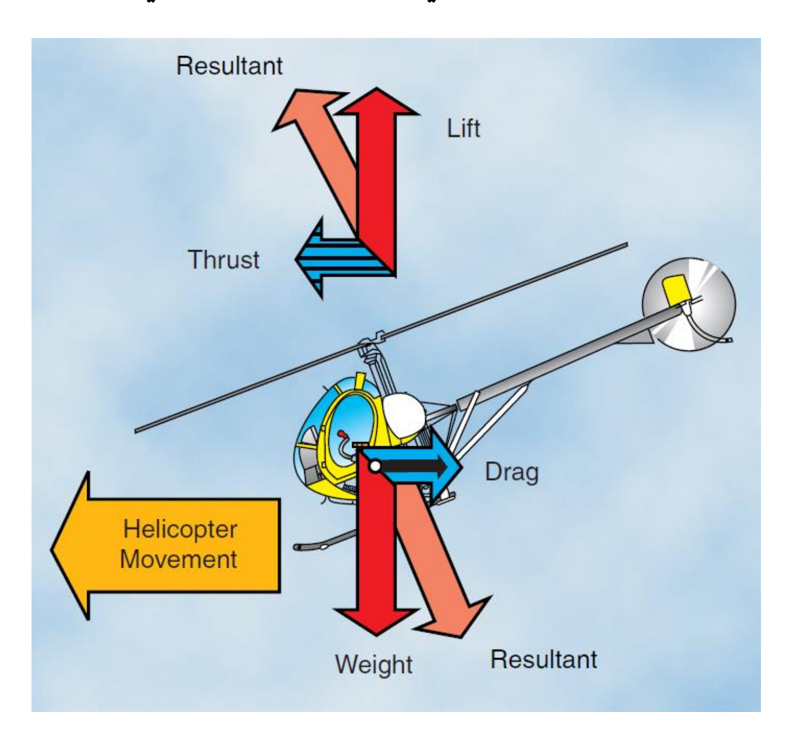
عمليات التصميم الحديثة والمواد الجديدة المستخدمة في تصنيع أنظمة الدوار قد تغلبت جزئياً على المشاكل المرتبطة باستخدام الجنيحات غير المتماثلة. تعمل جنيحات الجناح الدوار في ظل ظروف متنوعة ، لأن سرعاتها هي مزيج من دوران الشفرة والحركة الأمامية للطائرة المروحية.

كيف تؤثر قوى الطيران اثناء التحليق عامودي ؟

إذا كان الرفع و thrust أكبر من الوزن والسحب ، تصعد المروحية عموديًا هكذا ...



كيف تؤثر قوى الطيران اثناء التحليق الافقي باتجاه الطيران الامامي ؟



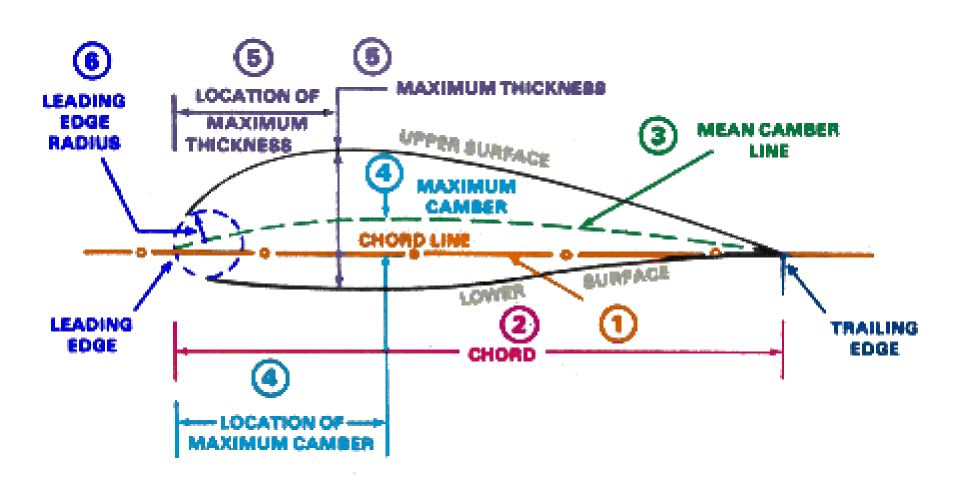
- الاجنحة Airfoils

سوف ندرس العوامل التي تؤثر على حجم رفع وسحب شفرة الدوار معرفة هندسة مقطع الشفرة.

تم تصميم الشفرات بهندسة خاصة تتكيف مع ظروف الطيران المختلفة. أشكال المقطع العرضي لمعظم شفرات الدوار ليست هي نفسها طوال الدوران .

تتنوع الأشكال على طول نصف قطر الشفرة للاستفادة من نطاق سرعة الهواء المعينة في كل نقطة على الشفرة ، وللمساعدة في موازنة التحميل بين الجذر والطرف.

قد يتم بناء الشفرة بزاوية ، لذلك فإن مقطع الجنيح القريب من الجذر له زاوية ميل أكبر من القسم القريب من الحافة.



خط الوتر chord line هو خط مستقيم يربط بين الحواف الأمامية leading والخلفية trailing edges للجناح .

الوتر chord هو طول خط الوتر من الحافة الأمامية إلى الحافة الخلفية وهو البعد الطولي المميز للجناح .

متوسط خط الحدبة mean camber line خط مرسوم في منتصف المسافة بين الأسطح العلوية والسفلية. يربط خط الوتر طرفي خط الحدبة المتوسط.

شكل الحدبة المتوسطة shape of the mean camber مهم في تحديد الخصائص الديناميكية الهوائية لمقطع الجناح.

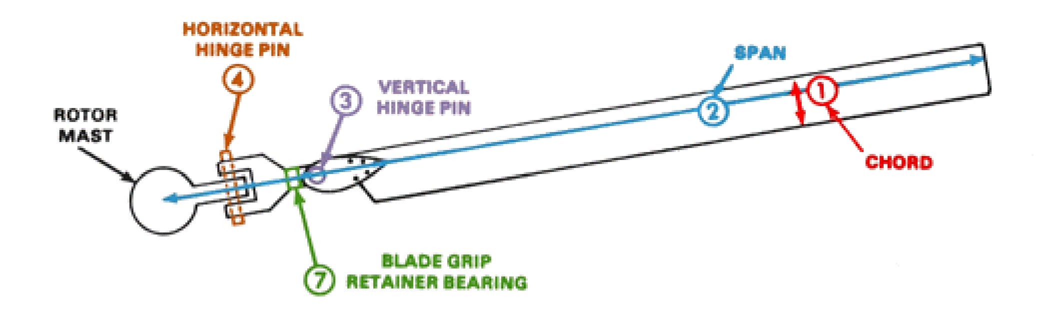
Maximum camber إزاحة خط الحدبة المتوسط من chord line , يساعد على تحديد شكل خط الحدبة المتوسط mean camber line .

يتم التعبير عن هذه الكميات كسور أو نسب مئوية من بعد chord .

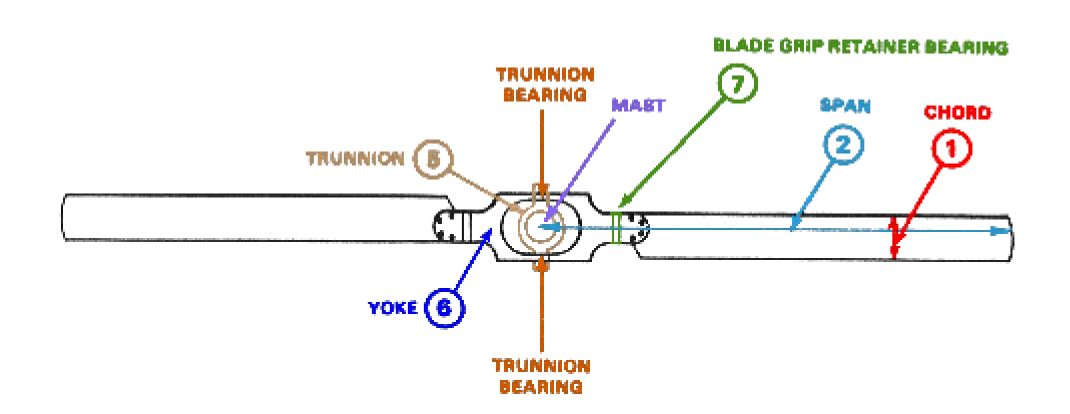
يعتبر توزيع السماكة thickness distribution والسمك من الخصائص المهمة لقسم الجنيح. يساعد الحد الأقصى للسمك وموقعه في تحديد شكل الجنيح ويتم التعبير عنه كنسبة مئوية من الوتر.

leading edge radius للجناح هو نصف قطر الانحناء لشكل leading edge .

وترد هنا المصطلحات الشائعة المستخدمة لوصف نظام الدوار المروحية. على الرغم من وجود بعض الاختلاف في الأنظمة بين الطائرات المختلفة ، إلا أن المصطلحات المعروضة مقبولة بشكل عام من قبل معظم الشركات المصنعة. النظام الموضح هنا مفصل بالكامل:



لا تحتوي الأنواع شبه الصلبة على دبوس hinge pin رأسي أو أفقي. بدلاً من ذلك ، يُسمح للدوار بالترنّح trunnion .



الوتر chord هو البعد الطولي لقسم الجنيح ، ويقاس من الحافة الأمامية إلى الحافة الخلفية leading edge to the trailing edge .

Span هو طول شفرة الدوار من نقطة الدوران إلى طرف الشفرة.

دبوس المفصلة الرأسية (مفصل السحب) drag hinge-vertical hinge pin هو المحور الذي يسمح بحركة الشفرة الأمامية والخلفية بشكل مستقل عن الشفرات الأخرى في النظام.

دبوس المفصلة الأفقية horizontal hinge pin هو المحور الذي يسمح بحركة أعلى وأسفل للشفرة بشكل مستقل عن الشفرات الأخرى في النظام.

يتم محاذاة مركز الدوران العامود الذي يسمى ب mast , وله محامل اثنين من خلالها يتم تأمينه من yoke .

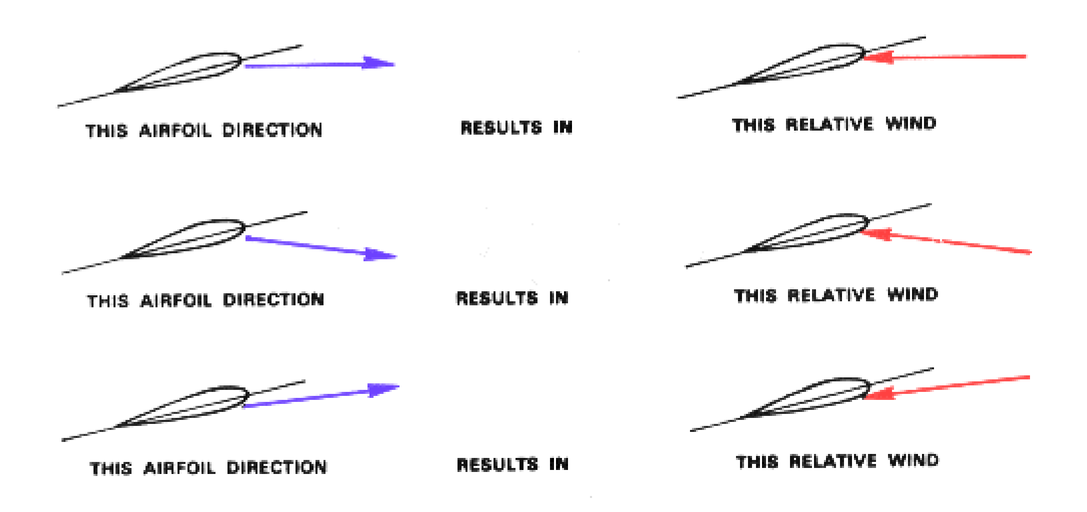
yoke هو العنصر الهيكلي الذي تتصل به الشفرات والذي يثبت الشفرات الدوارة على mast من خلال محامل مرتكز الدوران trunnion bearings .

هو المحمل الذي يسمح بتدوير الشفرة حول محورها بحيث blade grip retainer bearing يمكن تغيير درجة الشفرة .

يساعد تطور الشفرة على توزيع الرفع بشكل متساوٍ على طول الشفرة بزاوية متزايدة من الوقوع بالقرب من الجذر حيث تكون سرعة الشفرة أبطأ. عادةً ما يكون للأجزاء الخارجية من الشفرة التي تسير بشكل أسرع زوايا أقل حدوثًا ، لذلك يتركز رفع أقل بالقرب من طرف الشفرة blade tip .

- الرياح النسبية Relative Wind

معرفة الرياح النسبية ضرورية بشكل خاص لفهم الديناميكا الهوائية لرحلة الجناح الدوار لأن الرياح النسبية قد تتكون من مكونات متعددة. تعرف الرياح النسبية بأنها تدفق الهواء بالنسبة إلى الجناح:



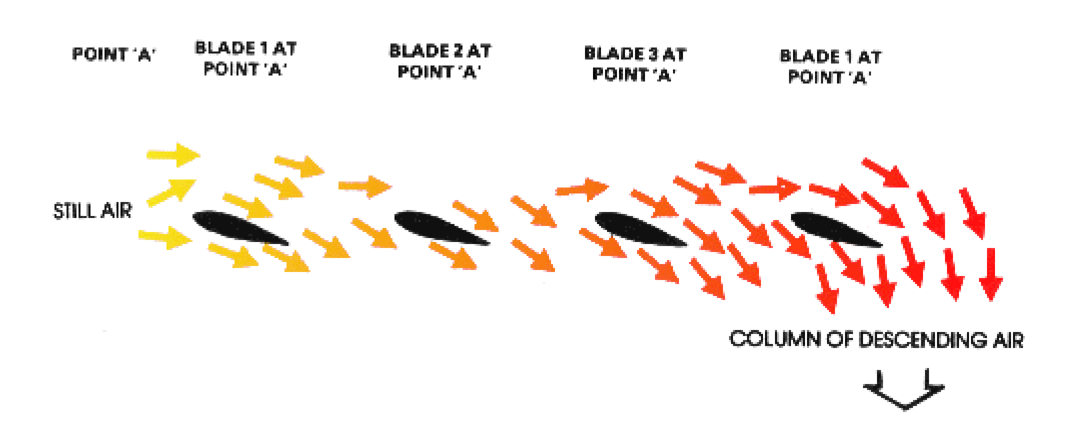
يتم إنشاء الرياح النسبية عن طريق حركة الجنيح عبر الهواء. على سبيل المثال ، فكر في الشخص الذي يجلس في سيارة في يوم لا ريح فيه يد ممتدة خارج النافذة.

لا يوجد تدفق للهواء حول اليد لأن السيارة لا تتحرك. ومع ذلك ، إذا تم قيادة السيارة بسرعة 50 ميلًا في الساعة ، فسيتدفق الهواء تحت اليد بسرعة 50 ميلًا في الساعة. يتم إنشاء الرياح النسبية عن طريق تحريك اليد من خلال الهواء. تتدفق الرياح النسبية في الاتجاه المعاكس الذي تتحرك فيه اليد. سرعة تدفق الهواء حول اليد المتحركة هي سرعة اليد.

عندما تكون المروحية ثابتة في يوم لا يوجد فيه رياح ، يتم إنتاج الرياح النسبية الدوارة بواسطة دوران شفرات الدوار وبما أن الدوار يتحرك أفقياً ، فإن التأثير يكمن في إزاحة بعض الهواء لأسفل.

تنتقل الشفرات على نفس المسار وتجاوز نقطة معينة في تتابع سريع (نظام ثلاثي الشفرات يدور بسرعة 320 دورة في الدقيقة يمر بنقطة معينة في مستوى مسار التوجيه 16 مرة في الثانية).

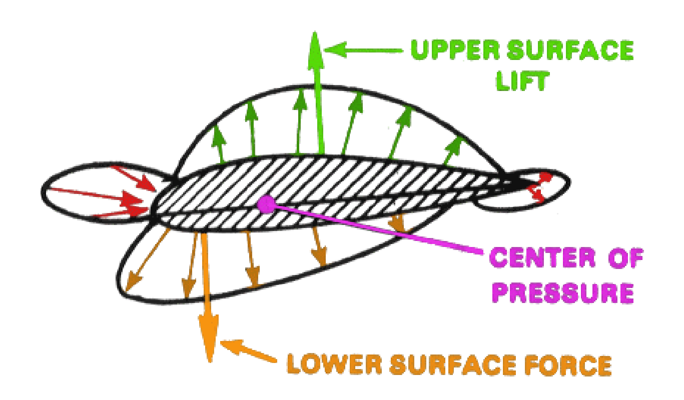
يوضح هذا الشكل كيف يتغير الهواء خلال عمل شفرة الدوار:



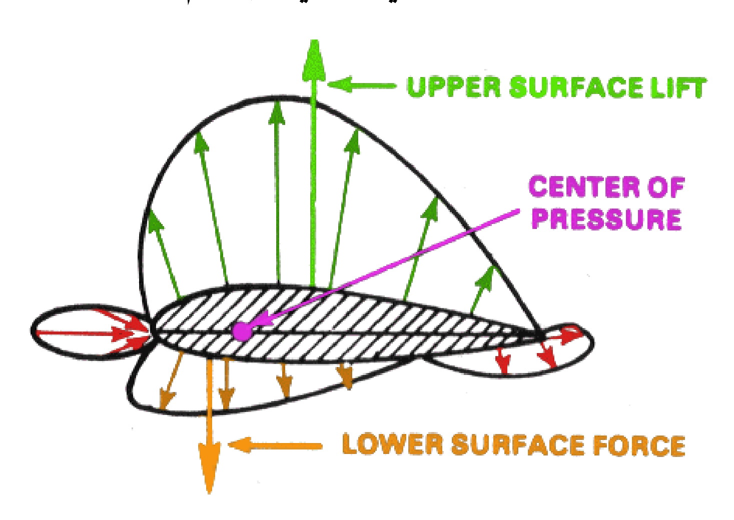
يُسمى تدفق الهواء هذا تدفق (downwash). وهو الأكثر انتشارًا عند التحليق في ظل ظروف الرياح الثابتة. نظرًا لأن نظام الدوار يقوم بتدفق تدفق الهواء لأسفل عبر القرص الدوار ، فإن الرياح النسبية الدورانية يتم تعديلها عن طريق تدفق (downwash).

■ توزيع الضغط Pressure distribution

قد يكون توزيع الضغط على قسم الجنيح مصدرًا لقوة التواء twisting force الديناميكية الهوائية بالإضافة إلى الرفع. مثال نموذجي يتضح من نمط توزيع الضغط (غير المتماثل):

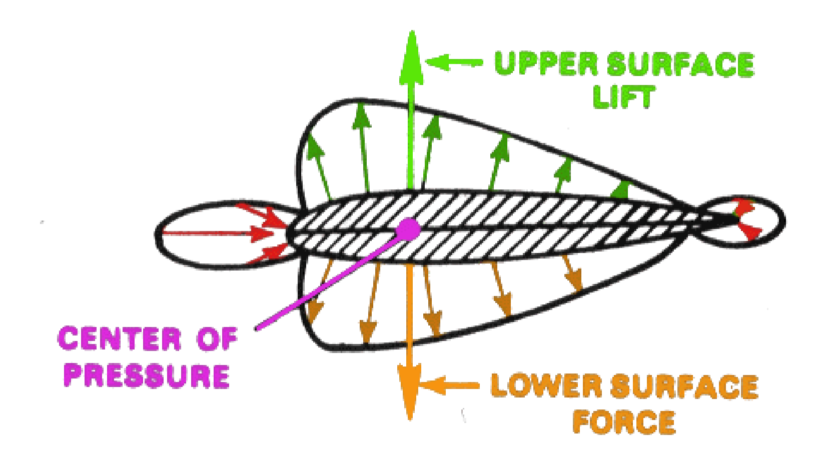


السطح العلوي يحتوي على ضغوط موزعة ينتج عنها رفع السطح العلوي. السطح السفلي له ضغوط موزعة تنتج قوة سطحية منخفضة. الرفع الصافي الناتج عن الجنيح هو الفرق بين الرفع على السطح العلوي والقوة على السطح السفلي. يتركز الرفع الصافي بشكل فعال عند نقطة على الوتر تسمى مركز الضغط و عند زيادة زاوية الهجوم:

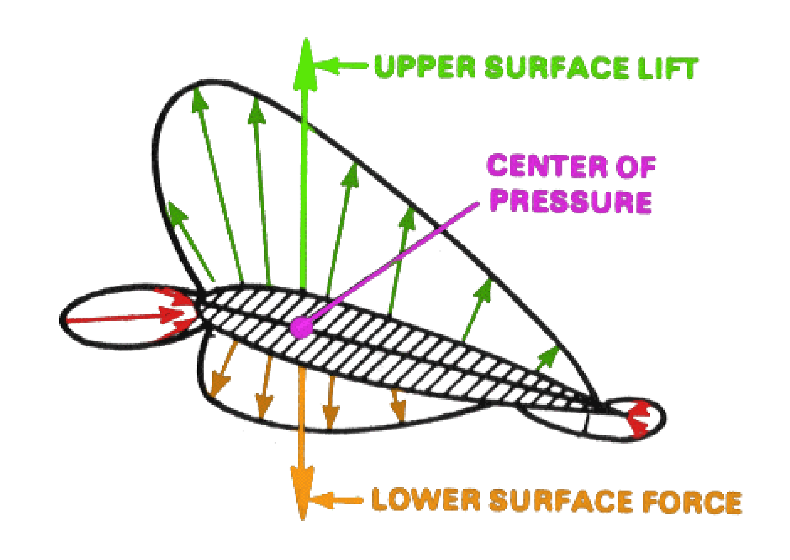


يزيد رفع السطح العلوي بالنسبة لقوة السطح السفلى. نظرًا لأن المتجهين غير موجودين في نفس النقطة على طول خط الوتر ، يتم ممارسة قوة الالتواء حول مركز الضغط. يتحرك مركز الضغط أيضًا على طول خط الوتر عندما تتغير زاوية الهجوم هذه الخاصية المميزة للجناح الجوي غير المتماثل ينتج عنها قوى تحكم غير مرغوب فيها يجب تعويضها إذا تم استخدام الجنيح في تطبيقات الجناح الدوار.

يتم توزيع أنماط الضغط للجناح المتماثل بطريقة مختلفة عن الجنيحات غير المتماثلة:



يكون رفع السطح العلوي والسفلي متعاكسات

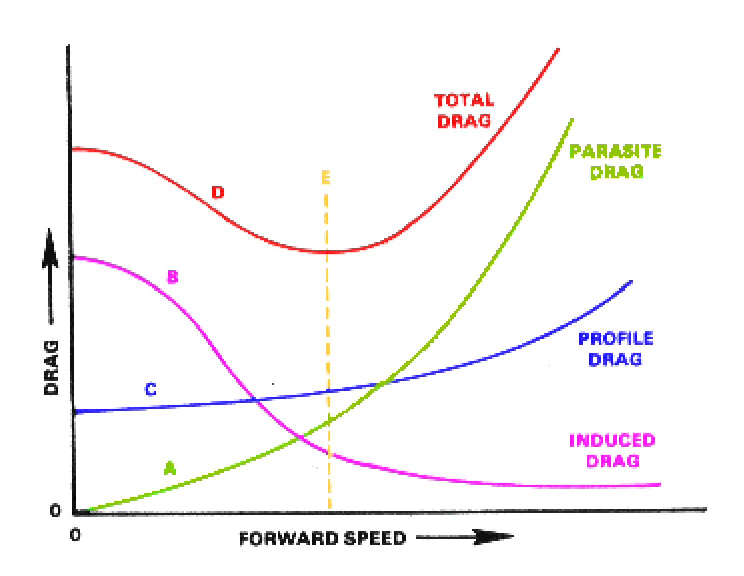


يبقى مركز الضغط ثابتًا نسبيًا حتى عند تغيير زاوية الهجوم. هذه خاصية مرغوبة للشفرة الدوارة ، لأنها تغير زاوية الهجوم باستمرار أثناء كل ثورة.

- السحب Drag

السحب هو القوة التي تعارض حركة الطائرة عبر الهواء. إجمالي السحب الذي تم إنتاجه بواسطة طائرة هو مجموع profile drag, induced drag, and parasite drag.

السحب الكلي هو في المقام الأول عائق السرعة الجوية. تحدد السرعة التي تنتج أقل سحب كلي عادة سرعة الطائرة ذات أفضل معدل للسرعة. وتوضح الصورة التالية الأشكال المختلفة للسحب مقابل السرعة الجوية:



Profile drag هو السحب الناتجة عن المقاومة الاحتكاكية للريش التي تمر عبر الهواء. لا يتغير بشكل كبير مع زاوية الهجوم في قسم الجنيح ، لكنه يزداد بشكل معتدل مع زيادة السرعة الجوية.

Induced drag هو السحب نتيجة لإنتاج المصعد. الزوايا الأعلى للهجوم التي تنتج المزيد من الرفع تنتج أيضًا سحبًا متزايدًا. في الطائرات ذات الأجنحة الدوارة ، يتناقص هذا السحب مع زيادة السرعة الجوية للطائرة. السحب هذا هو جزء من القوة الهوائية الكلية .

Parasite drag هو السحب الناتج من الأجزاء غير المتحركة من الطائرة. ويشمل السحب شكل جسم الطائرة ، قمرة القيادة ، المحرك ، المحور الدوار ، معدات الهبوط ، على سبيل المثال لا الحصر. يزداد هذا السحب مع سرعة الهواء.

يظهر المنحنى "A" أن سحب parasiteمنخفض للغاية في السرعات البطيئة ويزيد مع سرعات هوائية أعلى. يزداد سحب parasiteبمعدل متزايد عند السرعات فوق المتوسطة .

يُظهر المنحنى "B" كيف ينخفض السحب induced مع زيادة السرعة الجوية للطائرة. عند Hover ، أو عند السرعات المنخفضة ، يكون السحب induced أعلى. يتناقص مع زيادة السرعة الجوية وتحرك المروحية في الهواء دون عائق.

يظهر المنحنى "C" منحنى السحب profile. يظل السحب ثابتًا نسبيًا خلال مدى السرعة مع بعض الزيادة في السرعات العالية.

يظهر المنحنى "D" السحب الكلي total ويمثل مجموع المنحنيات الثلاثة الأخرى. يحدد نطاق السرعة ، الخط "E" ، حيث يكون السحب الإجمالي هو الأدنى.

- قوة الطرد المركزي Centrifugal Force

تعتمد أنظمة دوّار طائرات الهليكوبتر في المقام الأول على الدوران لإنتاج الرياح النسبية التي تطور القوة الهوائية اللازمة للطيران بسبب دورانه ووزنه ، يخضع نظام الدوار للقوى وmoments الخاصة بجميع المكونات الدوارة وواحدة من القوى المنتجة هي قوة الطرد المركزي centrifugal force.

يتم تعريفها على أنها القوة التي تميل إلى جعل الأجسام الدوارة تتحرك بعيداً عن مركز الدوران. قوة أخرى تنتج في نظام الدوار هي قوة الجاذبية centripetal force. إنها القوة التي تتصدى لقوة الطرد المركزي عن طريق الحفاظ على الجسم .

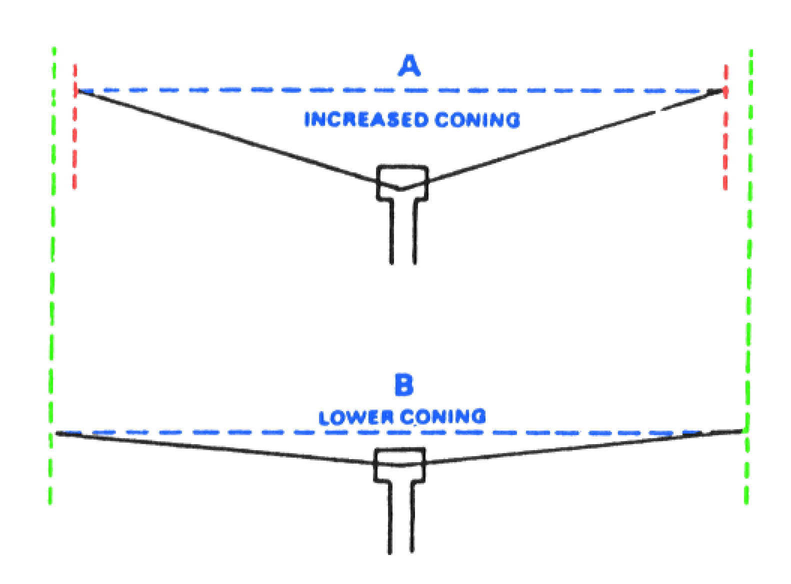
تنتج الشفرات الدوارة لطائرة الهليكوبتر أحمال طرد مركزية عالية جدًا على رأس الدوار وتجميعات المرفقة للشفرة. قد تتراوح أحمال الطرد المركزي من 6 إلى 12 طنًا عند جذر الشفرة لطائرتين من أربع ركاب . قد تتطور طائرات الهليكوبتر الأكبر حجمًا يصل إلى 40 طنًا من الحمل الطرد المركزي على كل جذر للشفرة.

عندما تكون الشفرات الدوارة في حالة راحة ، فإنها تتدلى بسبب وزنها , وعندما يبدأ نظام الدوران في الدوران ، تبدأ الشفرة في الارتفاع من الوضع الثابت بسبب قوة الطرد المركزي. عند سرعة التشغيل ، تمتد الشفرات إلى الخارج بشكل مستقيم.

عندما ترتفع المروحية أثناء الإقلاع والطيران ، ترتفع الشفرات أعلى وضع "الخروج المباشر" straight out وتاخذ شكلا مخروطيًا coned . يعتمد مقدار المخروط على عدد الدورات في الدقيقة ، والوزن الإجمالي ، و G-Forces التي تمت تجربتها أثناء الرحلة.

في حال ثبات عدد الدورات في الدقيقة يزداد المخروط مع زيادة الوزن الإجمالي وزيادة G-Forces إذا كان الوزن الإجمالي و قوى G ثابتان ، فإن تناقص عدد الدورات في الدقيقة يؤدي إلى زيادة المخروط. يمكن أن يحدث مخروط مفرط في حالة انخفاض عدد الدورات في الدقيقة

، أو زيادة الوزن الإجمالي ، أو في حالة وجود قوى زائدة يمكن أن يسبب المخروط المفرط ضغوطًا غير مرغوب فيها على الشفرة ونقصًا في الرفع الكلي نظرًا لانخفاض مساحة القرص الفعالة:



لاحظ أن القطر الفعال للقرص الدوار مع زيادة مخروطية أقل من قطر القرص الآخر مع أقل مخروط. ولكن قطر القرص الأصغر لديه قدرة أقل لإنتاج المصعد.

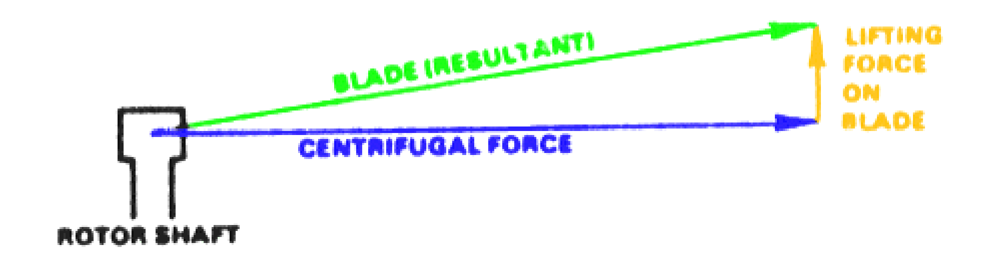
يمكن توضيح تأثيرات قوة الطرد المركزي ورفعها على blade بشكل أفضل بواسطة متجه . إلي نظرة على عمود دوارة وشفرة تدوران فقط:



انظر الآن إلى نفس عمود الدوران والشفرة عندما تدفع قوة رأسية لأعلى على طرف الشفرة:



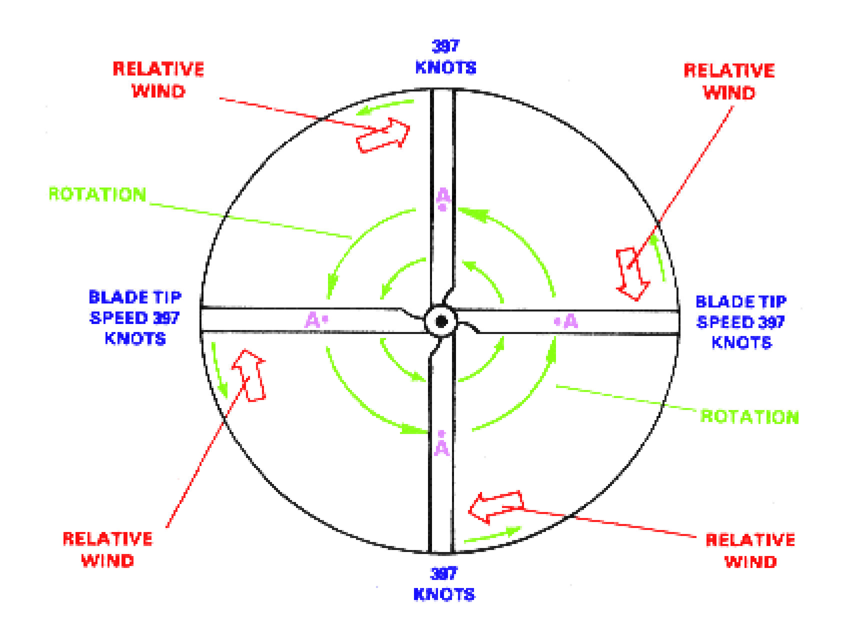
يتم إنتاج قوة الرفع العمودية عند رفع الشفرات لزاوية موجبة للهجوم. القوة الأفقية ناتجة عن قوة الطرد المركزي بسبب الدوران.



شكل الشفرة مخروط وهو ناتج عن القوتين ، قوة الرفع والطرد المركزي المؤثرة عليه .

- السرعة الدورانية Rotational Velocity

أثناء التحويم ، يتم إنتاج تدفق الهواء على شفرات الدوار عن طريق تدوير نظام الدوار. فيما يلي صورة توضح نظام دوّار المروحيات النموذجي:

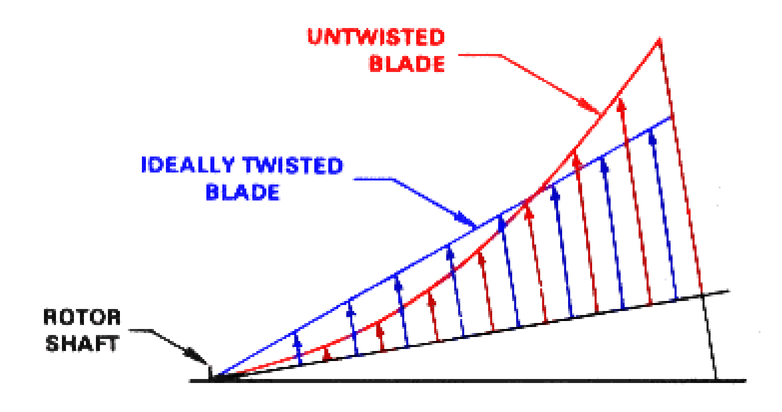


تكون سرعة الشفرة بالقرب من عمود الدوران الرئيسي main rotor shaft أقل كثيرًا لأن المسافة المقطوعة في نصف القطر الصغير تكون صغيرة نسبيًا. عند النقطة "A " ، في منتصف الطريق من عمود الدوران إلى طرف الشفرة ، فإن سرعة الشفرة هي one-half the tip speed

تختلف السرعة في أي نقطة على الشفرات مع نصف القطر أو المسافة من مركز عمود الدوران الرئيسي. الفرق بين السرعة القصوى بين طرف الشفرة blade tip والجذر root هو النتيجة المطلوبة .

يكون فارق الرفع بين جذر الشفرة وطرفه أكبر لأن الرفع يختلف حسب مربع السرعة. لذلك ، عند مضاعفة السرعة ، يزداد الرفع أربع مرات. هذا يعني أن الرفع عند النقطة "A" سيكون فقط بمقدار ربع الرفع عند طرف الشفرة (على افتراض أن شكل الجنيح وزاوية الهجوم متماثلان في كلتا النقطتين).

تقارن هذه الصورة رفع الشفرة الملتوية twisted وغير الملتوية untwisted :



لاحظ أن الشفرة الملتوية تولّد مزيدًا من الرفع بالقرب من الجذر ورفعًا أقل عند الطرف .

- الجيروسكوب Gyroscope

الجِيروسكوب Gyroscope أو الجيرو أو البوصلة الدوارة ، جهاز يستخدم الدوران لإحداث اتجاه ثابت في الفضاء. ويتكون أي جيروسكوب من عجلة أو كرة غزل يُطلق عليها الدوار، ونظام إسناد. وعندما يبدأ الدوار في الحركة فإن الجيروسكوب يقاوم أي محاولة لتغيير اتجاه دورانه. ومن أجل هذه الخاصية يستخدم الجيروسكوب كثيرًا في الطيران وفي معدات الملاحة. يعطي الجيروسكوب معلومات عن مسار الطيران دون تأثُّر بالاضطرابات أو الدوامات الهوائية أو البحار الهائجة.



ويوجد نوع من الجيروسكوبات يجمع بين الدوران والانحراف، ويساعد قائد الطائرة في تقدير موقع طائرته في الجو. وتُستخدم الجيروسكوبات الضخمة بمثابة مثبتات لتخفيض تمايل السفن في البحر. وتستخدم قيادة الطائرة أو السفينة الأوتوماتية المزودة بالجيروسكوبات في عملية التوجيه إلى المسار الصحيح بصورة أفضل من الإنسان. وأجهزة الجيروسكوبات ضرورية أيضًا لتوجيه الطوربيدات، والصواريخ، والأقمار الصناعية، والمركبات الفضائية.

يفسر هذا السلوك بعض الآثار الأساسية التي تحدث أثناء مناورات طائرات الهليكوبتر المختلفة. على سبيل المثال ، تتصرف المروحية بشكل مختلف عند التدوير في المنعطف الأيمن من عند التدوير في المنعطف الأيسر. أثناء الدوران إلى المنعطف الأيسر ، سيتعين على الطيار تصحيح اتجاه نزول الأنف للحفاظ على الارتفاع. هذا التصحيح مطلوب لأن التسارع يسبب ميلًا لأسفل الأنف ولأن القرص المائل ينتج عنه رفع رأسي أقل لمواجهة الجاذبية. على العكس ، أثناء الانعطاف إلى المنعطف الأيمن ، فإن التسارع سيؤدي إلى ميل إلى أعلى في حين أن القرص المائل سينتج عنه رفع رأسي أقل. يختلف الإدخال التجريبي المطلوب للمحافظة على الارتفاع بشكل كبير خلال المنعطف الأيمن عن المنعطف الأيسر ، لأن التسارع الجيروسكوبي يعمل في اتجاهين معاكسين لكل منهما.

حسنا لن ننتهي بعد من درس الجيرسكوب ودروس الديناميكة الهوائية , ولكن كما تعلم ان الهدف من كل هذه الدروس هي اعطاؤك القليل من المعرفة حول أساسيات الديناميكيا الهوائية لتصبح قادرا على تخيل هندسة الطيران وكيف تطير الطائرات ومقارنة الطائرات المختلفة , بعد ان تعلمت الكثير من الدروس الشاقة لقد اصبحت الآن مؤهلا لتدخل مرحلة تصميم طائرات التحكم عن بعد .

مكونات طائرات التحكم عن بعد



وها قد بدئنا في الخطوة الثانية بعد تعلمنا اساسيات الديناميكا الهوائية , هذه الخطوة التي سنبدأ بها بالتعرف على مكونات طائرات التحكم عن بعد الكهربائية ودراسة خصائص بعض الانظمة وتليها الخطوة الاخيرة وهي مرحلة بدء تنفيذ الطائرة بشكل هندسي مدروس فيما يتعلق بالقوانين الهندسية والفيزيائية والكهربائية واضافة الى برمجة الطائرة , لقد درسنا في الفصل الاول من هذا الكتاب انواع الطائرات بشكل عام وبشكل خاص طائرات التحكم عن بعد , في هذا الكتاب سوف نشرح مكونات واساسيات تصميم عدة طائرات تحكم عن بعد وهم :

الطائرات الافقية (Airplane) – الطائرات النفاثة (Jet) - طائرات الهيلكوبتر - طائرات الدرون

- الطائرات الافقية (Airplane)



تعرفنا على الشكل العام للطائرة الافقية وهي مميزة بوجود جناح لرفع الطائرة وذيل لضمان استقرار الطائرة اثناء التحليق ويساهم في تعزيز تغير اتجاه الطائرة , هذا النوع من الطائرات يمكن تزويدها في محرك في مقدمة الطائرة مثل الصورة اعلاه لاعطاء قوة دفع لجسم الطائرة ولكن ربما يكون للطائرة اكثر من محرك على الجناحين دعونا نلقي نظرة عامة على اهم اجزاء مكونات الطائرات الافقية .

قد تبدو هذه الصورة للوهلة الاولى مزعجة لكثرة المكونات لكن لا تقلق , سوف نقوم بشرحها على حدى :

1 - مصدر التغية للطائرة وهي البطارية Battery



ان البطاريات المستخدمة لتزويد الطائرات الكهربائية بالطاقة قد يكون سعرها مرتفع قليلا عن باقي البطاريات تلك التي توجد في الاسوق , ببساطة لانها مصممة لمعايير تناسب الطائرات من حيث الحجم والسعة والجهد والتيار وقابلية الشحن .

تعد بطاريات LiPo (ليثيوم بوليمر) قياسية لهواية طائرات ال RC بشكل عام باختلاف الانواع ويمكننا القول اننا في بناء الطائرات نقوم بعمل دراسة تفصيلية لخصائص البطارية . وأول ما يمكن الحديث عنه هو جهد البطارية. على الرغم من أن البطاريات ذات الجهد الدقيق قد لا تتم طباعتها على البطارية نفسها ، إلا أنها ستحدد عدد الخلايا الموجودة في البطارية. بطاريات LiPo تتكون من خلايا. كل خلية 3.7 فولت. على سبيل المثال البطارية المبينة أعلاه هي بطارية S2.

هذا يعني أنه تحتوي على خليتين ، مما يمنحها إجمالي جهد يبلغ 7.4 فولت. يجب ألا تقل هذه الخلايا التي تم تفريغها بالكامل عن 3.3 فولت ولا يجب أن تذهب الخلايا المشحونة بالكامل إلى 4.21 فولت. لذلك بالنسبة للبطارية S3 الجديدة سيكون حوالي 12.4 فولت. يمكنك استنزاف تلك البطارية وصولاً إلى 10.6 فولت. كلما قلت استنزاف البطارية كلما كان ذلك أفضل.

الشيء التالي هو قدرة الأمبير. البطارية الموضحة أعلاه هي بطارية 2200 Mah. هذا يعني أن البطارية يمكنها تزويد 2200 مللي أمبير على مدار ساعة واحدة.

وأخيرا هناك معدل التفريغ. هذه البطارية خاصة لديها معدل التفريغ C25. هذا هو مقدار التيار الذي تستطيع البطارية تزويده. كلما زاد معدل التفريغ ، زادت الطاقة التي ستحصل عليها من البطارية. من أجل معرفة مقدار التيار الذي يمكن أن توفره البطارية ، اضرب تصنيف C بقدرة البطارية بالأمبير.

حسنا ربما الأمر جديد ويحتاج الى معرفة اكثر , لا تقلق يوجد في هذا الكتاب فصل دراسي عن البطاريات .

2 – المحرك الكهربائي Motor



المحرك الكهربائي المستخدم في الطائرات لتوفر قوة الاندفاع , المحرك هو محطة توليد الطاقة للطائرة الخاصة بك. سيحول المحرك المروحة بسرعة عالية لدفعها عبر الهواء!

المحرك القياسي الذي تضعه في طائرة RC لديك هو بلا فرش brushless (سندرسه لاحقا بالتفصيل) . عند اختيار محرك هناك أمران أساسيان تحتاج إلى البحث عنهما :

RPM عدد الدورات في الدقيقة المحرك ادناه يعمل على 1400 كيلو فولت. KV يعني أنه لكل 1 فولت سوف يدور 1400 مرة. إذا استخدمنا بطارية 2 خلية (7.4 فولت) فإن عدد دوراتنا في الدقيقة هو 1060 (1400 كيلو فولت × 7.4 فولت = 10360 دورة في الدقيقة).



الطاقة. المحرك على اليسار هو 52 واط. من أجل إيجاد القوة الكهربائية للمحرك ، اضرب أقصى تيار للمحرك بواسطة الجهد المطبق عليه. يسحب هذا المحرك 7 أمبير ويستخدم بطارية 2 خلية (7.4 فولت) حتى 7 × 7.4 = W51.8 - ويقترح هذا المحرك لطائرة 275 غرام.

3 - وحدة الارسال Transmitters



درسنا في الفصل الثاني من الكتاب تأثير عدد القنوات على متعة التحكم في الطائرات عن بعد وذكرنا كلما اردنا التحكم في مكونات اكثر في الطائرة نحن بحاجة الى عدد قنوات أكثر .

الارسال هو ما تستخدمه للسيطرة على الطائرة الخاصة بك. هذا عادة ما يكون أغلى مكون إلكتروني ستقوم بشرائه قد يصل الى رقم مكون من اربع خانات ! , ولكن يوجد منه اسعار متوفرة او حتى يمكنك بناء جهاز خاص بك في استخدام المتحكمات الالكترونية (للتعرف على ذلك ادرس كتاب المتحكمات الالكترونية من هذه السلسلة)

معظم أجهزة الإرسال الحديثة تعطينا تردد 2.4 جيجا هرتز. هذه هي جديدة لها هوائيات أقصر وأسهل للعمل مع أجهزة الراديو FM .

من المعايير المهمة لشراء جهاز الارسال , هي كفائته في استهلاك البطاريات , جهاز الارسال الموضح اعلاه هو جهاز ب 6 قنوات , ماذا يعني ذلك؟ هناك أجهزة إرسال 3 و 5 و 6 قنوات وما إلى ذلك. القنوات هي مقدار الأشياء التي يمكنك التحكم فيها.

يحتوي جهاز إرسال RC القياسي الذي تشتريه لطائرة RC من النوع 6 قنوات والتي تتحكم هذه القنوات في الدفة rudder ، المصعد elevator ، الجنيحات ailerons ، المحرك motor ، Aux 1 ، و Aux 2. لذلك كل قناة تتحكم في وظيفة مختلفة .

Aux 1 و Aux 2 لميزات مختلفة على الطائرة الخاصة بك. على سبيل المثال ، يمكن أن يكون ومجموعة من الأضواء او التحكم في تفاصيل مختلفة على جسم الطائرة مثل معدات الاقلاع والهبوط , كانك تطير في طائرة حقيقة , انه امر ممتع اليس كذلك !

4 – المستقبل Receivers

في الحقيقة ان المرسل والمستقبل وعناصر طائرات التحكم عن بعد من القطع التي تتوفر باشكال وانواع كثيرة جدا في الاسواق لذلك ليس من الضروري شراء نفس القطع التي نطرحها في هذا الكتاب .



المستقبل هو اداة لاستقبال ما يذهب إلى الطائرة ويتحكم في الماكينات والمحركات . يمكنك أن ترى من هذا المستقبل اعلاه أنه جهاز استقبال ذو 6 قنوات. لا تعتبر فتحة BAT قناة.

يتصل جهاز الاستقبال أعلاه لاسلكيًا بجهاز الإرسال باستخدام تردد 2.4 جيجا هرتز. 2.4 جيجا هرتز التردد هو التردد القياسي للطائرات RC. يعمل جهاز الاستقبال عادة على 5 فولت ، ويستقبل الاشارات لتحويلها. كما يرسل إشارة إلى ESC (سنتحدث عن ذلك لاحقًا) لنخبره عن مدى سرعة تشغيل المحرك.

الآن قد تتساءل إذا كان جهاز الاستقبال يحصل على 5 فولت. ماذا عن باقي القطع مثل ESC's BEC. استمر في القراءة لمعرفة المزيد عن BEC.

ملاحظة : تأكد من شراء جهاز إرسال / استقبال متطابقة .



5 - تحكم السرعة الإلكترونية ESC (Electronic Speed Controller)



أداة التحكم في السرعة الإلكترونية تقوم بعدة أشياء. أولاً ، يقوم بتحويل جهد البطارية إلى 5 فولت وهو ما يعمل عليه جهاز الاستقبال عادة , ليس كل وحدات التحكم في السرعة لديها هذه القيمة . عند شراء واحدة ما تبحث عنه باسم BEC, ESC أو UBEC.

هذا يرمز إلى [(Universal) Battery Elimination Circuit] , الشيء الثاني الذي تقوم به ESC هو تحويل طاقة التيار المستمر من البطارية إلى تيار متردد مطلوب للمحرك. المحركات التي تعمل بدون فرش تنطلق من التيار المتردد.

بشكل عام عند اختيار ESC هناك ميزة أساسية واحدة للبحث عنها وهي amperage rating.

كل محرك يأخذ كمية مختلفة من الامبير. اذا كان لديك محرك يسحب 10 amps لا تشتري ESC لها rating يساوي 10 amps فمن الافضل شراء قيمة اعلى مثل 15 او 18 amps .

كلما كان amp-rated ESC اعلى سوق يقل انتاج درجات حرارة .

لنتحدث عن الحرارة ، ESC يمكن أن يحصل على حرارة عالية في بعض الأحيان! لهذا السبب ، من المهم أن تحصل على معدل تفريغ كهربائي أعلى من المحرك الخاص بك أو أن محركك سوف يسحب الكثير من الأمبيرات من خلال ESC ويؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة ESC بشكل كبير وإشعال النار.

تجنب ان تخاطر بحرق القطعة وحرق طائرة RC الخاصة بك! سيكون ذلك فظيعا! ثم تسقط طائرتك في النيران ..

يجب ان توضع القطع الإلكترونية (ESCs) على نحو يجعلهم يحصلو على تدفق هواء كافٍ لإبقائهم في حالة باردة .

6 – المروحة الامامية

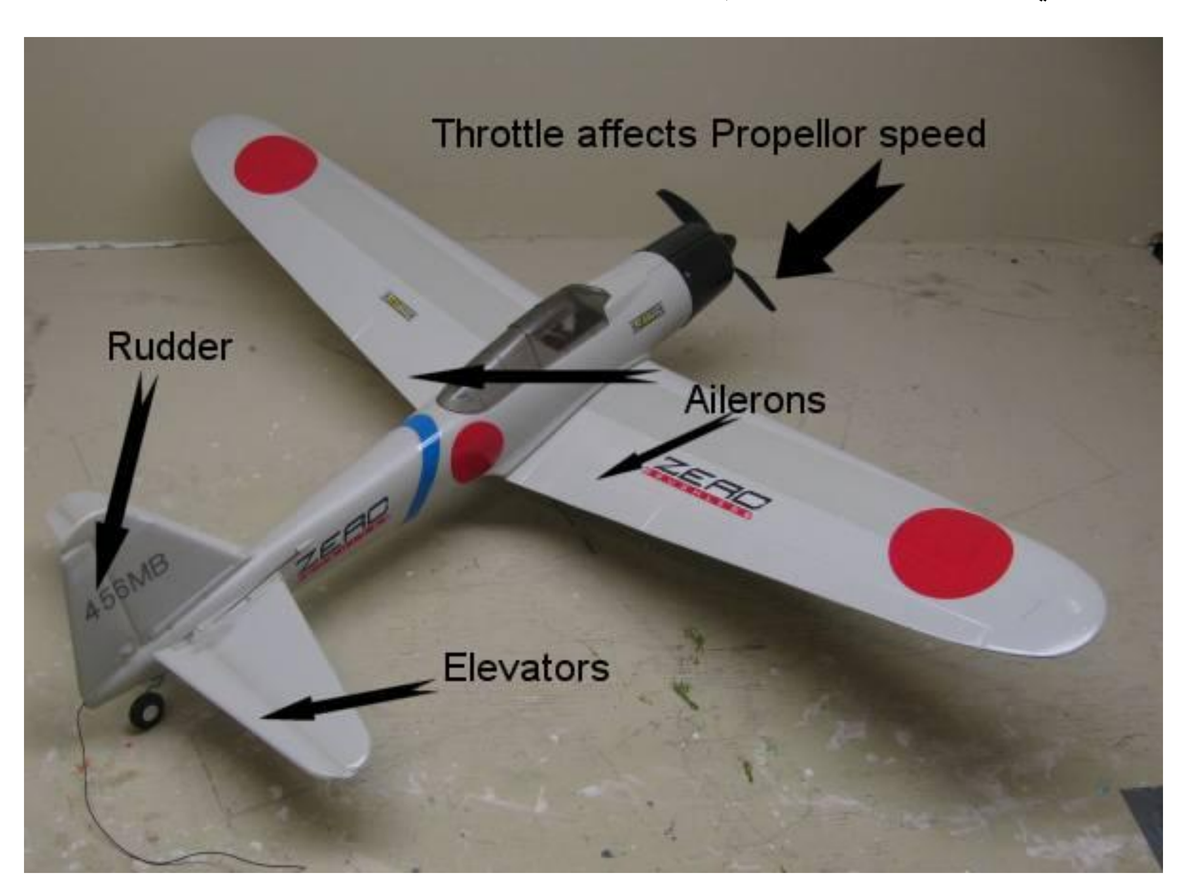
تختلف المراوح حسب وزن الطائرة ونوع المادة المصنوعة وكمية انتاجها لقوة الدفع



مكونات الطائرة بشكل اساسي (انظر الى الصورة في اول الدرس) :

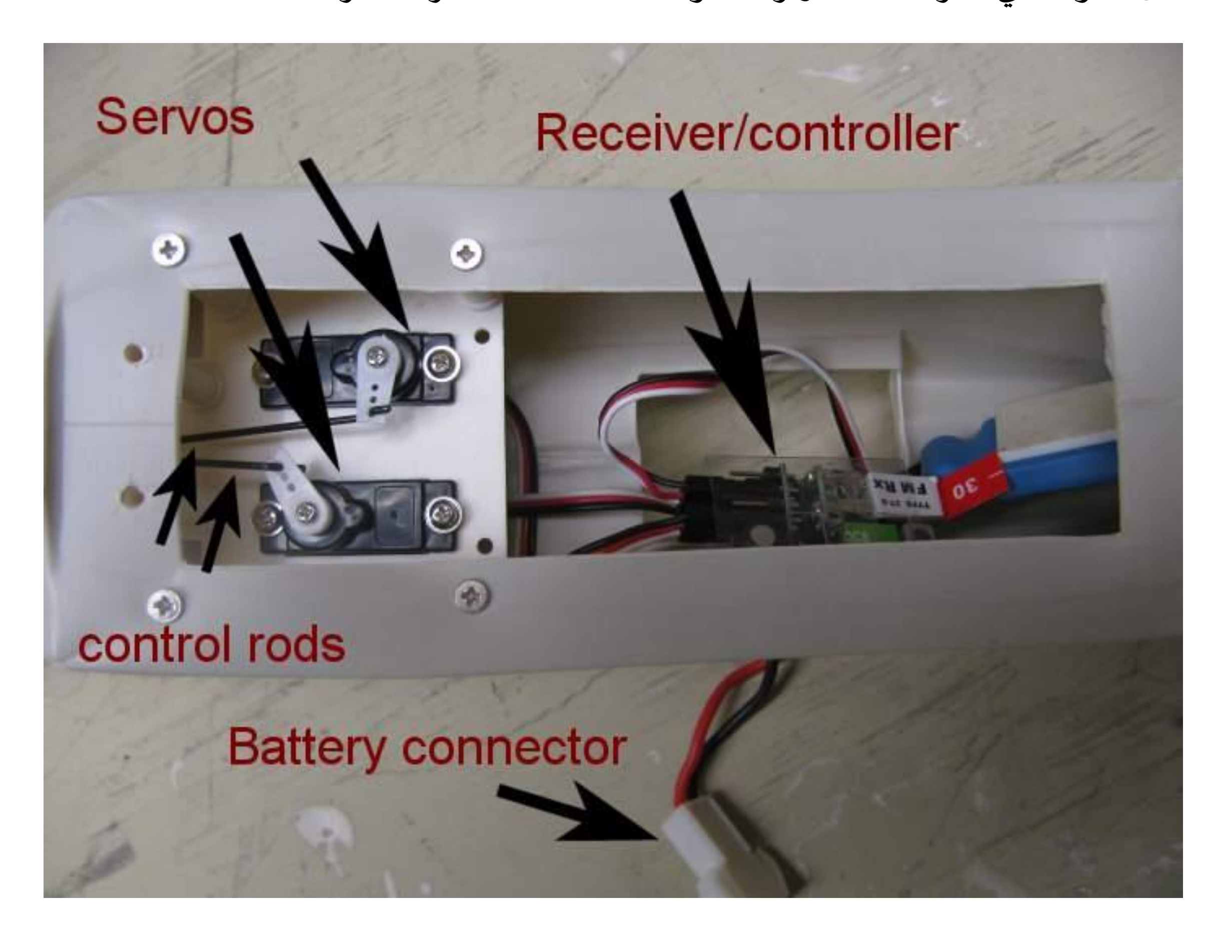
Battery	powers the motor and components- تشغيل المحرك والمكونات
Canopy	قمرة القيادة حيث يجلس الطيار - في طائرات ال RC تكون للزينة
Engine/motor	المحرك الكهربائية / الميكانيكي لدفع الطائرة للامام
Fuselage	جسم الرئيسي للطائرة
Landing gear	انظمة هبوط الطائرة المكونة من العجلات
Propeller	يدفع الطائرة إلى الأمام
Recharger	شحن البطارية
Spinner	المروحة
Transmitter	المرسلة للتحكم في الطائرة
Wings	الاجنحة

دعونا نلقي نظرة على انظمة التحكم الاساسية لهذه الطائرة :



Ailerons	لرفع او خفض الطائرة
Elevator	يتحكم في درجة الطائرة (أعلى / أسفل)
Throttle	لسرعة الطائرة
Rudder	الالتفاف الى اليمين او اليسار

الآن دعونا نلقي نظرة فاحصة ونرى المكونات الداخلية الأصغر للطائرة :



داخل جسم الطائرة يوجد هذه الأجزاء:

Receiver/controller	يستقبل إشارة الراديو من جهاز الإرسال ويرسل الإشارة إلى المكونات المختلفة في الطائرة. هذه هي الطريقة التي تتحكم بها الطائرة.
Servos	هذه عبارة عن محركات كهربائية صغيرة تعمل على دفع أو سحب قضبان التحكم
Control rods	- تمتد هذه إلى الأجزاء المتحركة من الطائرة مثل الدفة والمصاعد والجنيحات. حركة هذه القضبان تحريك الأجزاء الخاضعة للرقابة من الطائرة مما يؤدي إلى تغيير مسار الطائرة .

الجزء الأخير يجب أن تعرفه هو clevis. هذه هي العلاقة بين قضيب التحكم ووحدات التحكم. في الصورة أدناه :



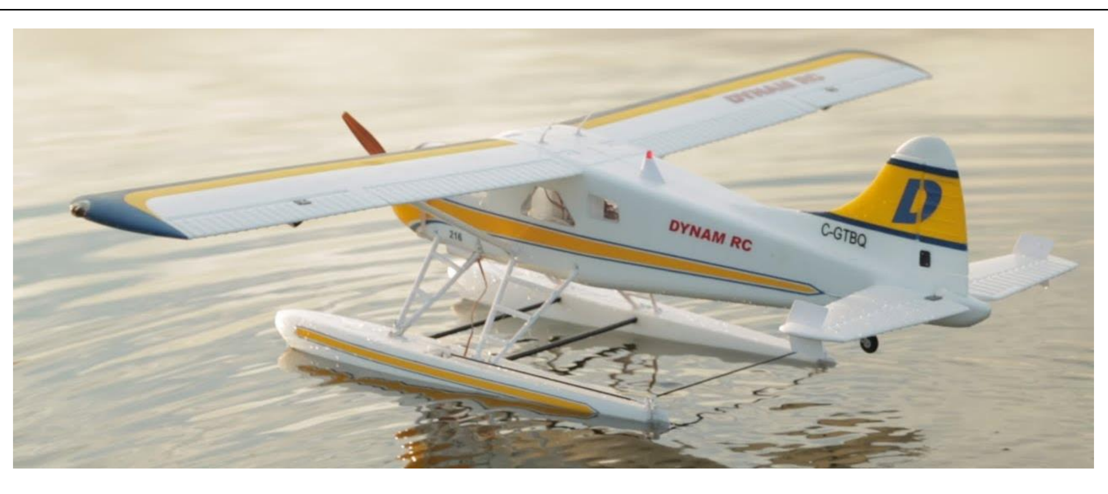
اذن ان المكونات بسيطة وسهلة! هذه هي ابسط المكونات لعمل طائرة افقية بسيطة ذات 4 قنوات .

بعض اشكال الطائرات الافقية المختلفة :





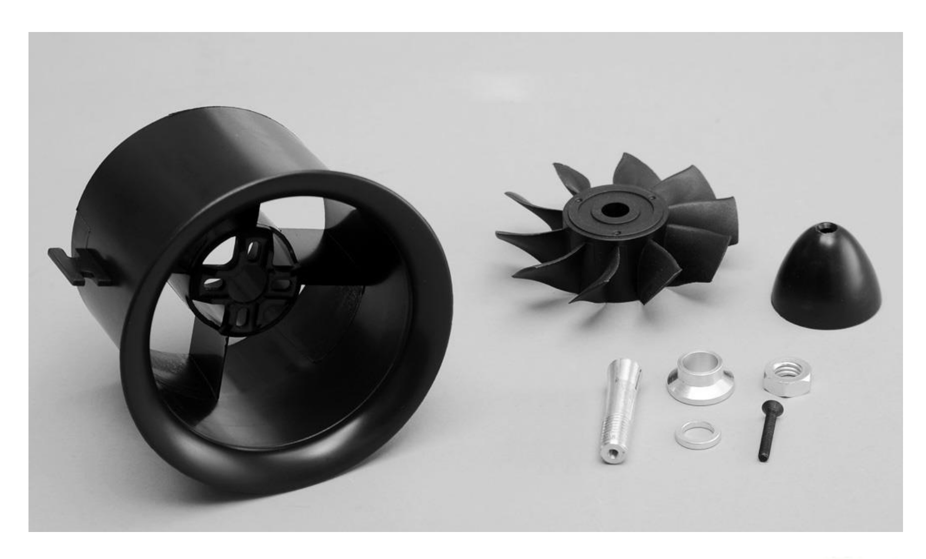




• الطائرات النفاثة (Jet)

في الحقيقة لا الطائرات النفاثة كثيرا عن الطائرات في النوع السابق , لكن هذا النوع يتطلب عادة حجم اكبر للطائرة ومحرك نفاث JET ولكن سعره مرتفع بعض الشيئ , ان اهم ما يميز هذا النوع من الطائرات هو سرعتها العالية لذا هي غير مناسبة للبتدئين , ولكن سرعان ما تمتلك الخيرة في الطيران , سوف تصبح هذه الطائرة هي خيارك الأمل لتجربة التحلق في سرعات كبيرة لتملئ جسدك بالادرينالين .

اذن لبناء هذه الطائرة انت بحاجة الى جميع مكونات الطائرة الافقية اعلاه ولكن سوف تستبدل محرك بلا فرش brushless بالمحرك الرائع Electric Ducted Fan jets ادناه :





يحتاج هذا النوع من الطائرات الى تصميم دقيق , انظر الى هذه الطائرة المذهلة :



ولكن يمكن ان تكون ابسط من هذا الحجم , ولكن محرك نفاث بالتاكيد يلزمه طائرة حجمها يناسب مع قوة هذا المحرك التوربيني الذي قد يكون كهربائيا او يعمل على الوقود .

بعض الدول لا تسمح في اقتناء هذه الطائرات الا وفق تراخيص ودورات تدريبية في مجال الطيران لانها من الممكن ان تكون خطيرة جدا اذا وقعت في ايدي تفتقر القدرة للسيطرة عليها .

بالتأكيد فان سقوط هذه الطائرة او احتراقها سوف يكلفك الاف الدولارات .. او ربما احراق كومة القش التي بجوار حظيرتك ! .

• طائرات الهيلكوبتر

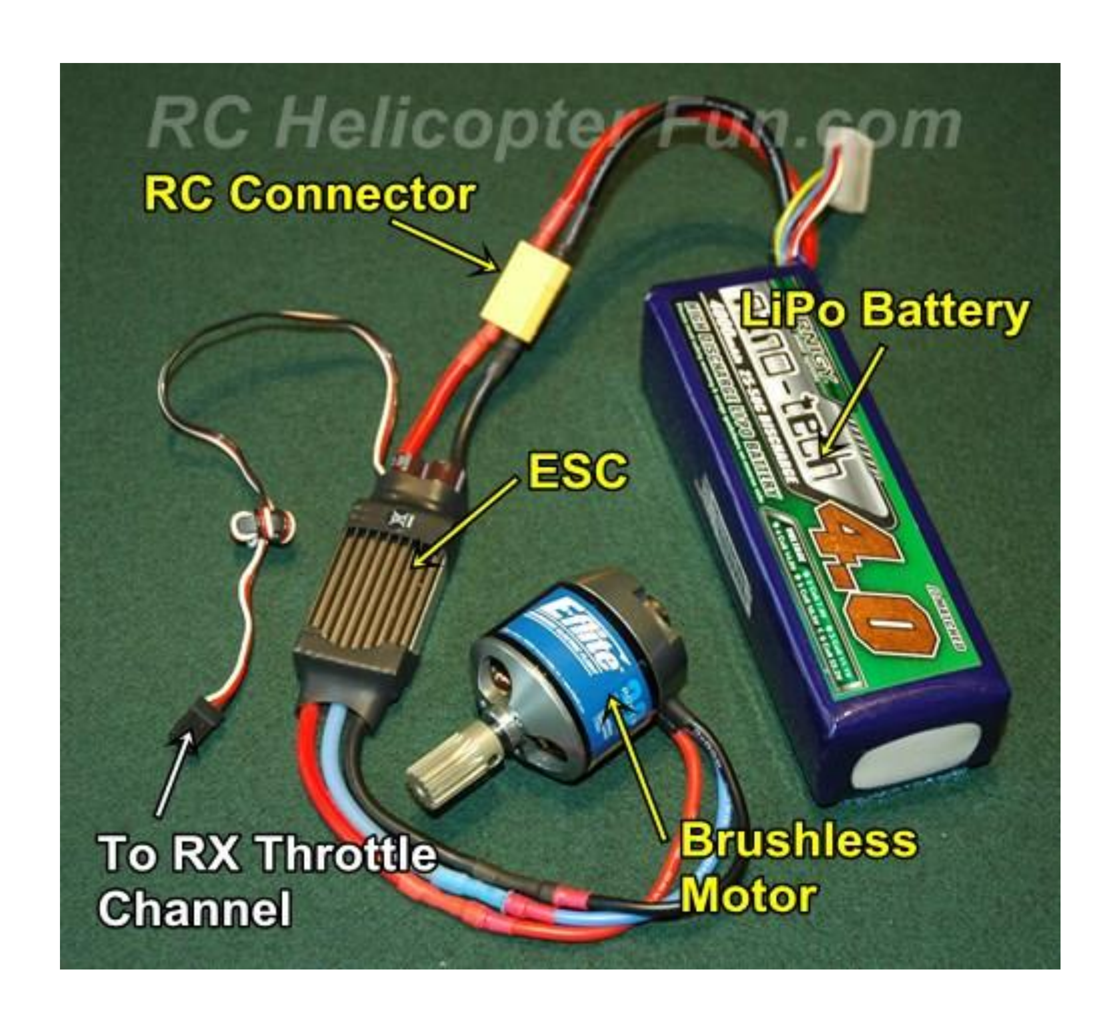


في بدية الكتاب تعرفنا على انواع الطائرات وكانت الهيلكوبتر منفصلة عن انواع الطائرات الافقية واطلقنا عليها اسم المروحية , واضافة الى ذلك درسنا اساسيات الديناميكا الهوائية والقوانين الخاصة في المروحيات . الآن سوف ندرس مكونات طائرات الهيلكبوتر , ولكن قبل البدء اريد ابداء رأيي الشخصي انا احب الطائرات الافقية نظرا لسرعاتها العالية والتقنيات الديناميكة التي توجد بها وحاجتها الى طيار ماهر , اما الهيلكبوتر فهي طائرة لا تحتاج الى القليل من الوقت لتحلق بها او بناؤها فيمكن الصغير والكبير تجميعها والاقلاع مباشرة ان صح التعبير . ولكن الهيلكبوتر مميزة في انها طائرة تستطيع التحليق بها داخل مناطق صغيرة مثل المزرعة او حتى البيت , وامكانياتها في التصوير والمراقبة الجوية والتحويم في بطئ مما يساعد على اتخاذ القرارات ضمن فترة زمنية جيدة , الصورة التالية توضح شكل المعدات من الداخل :

لنقترب أكثر الى تفاصيل المكونات الداخلية :



لقد درسنا هذه المكونات في الطائرة الافقية لكن في الطائرة العامودية يصبح التكوين والترتيب مختلف كما هو موضح في الصورة اعلاه , ان معظم طائرات الهيلكوبتر تستخدم محركين بدلا من محرك احدى المحركات مسؤول عن تحريك الشفرات لليمين والمحرك الآخر يحرك الشفرات في الاتجاه المعاكس وذلك للتغلب على قوة الطرد المركزي وجعل الطائرة متزنة ولكن المقصود ب Connector هو السلك الذي يوصل البطارية مع الاجزاء الداخلية للطائرة . كما يلي :



ليس هذا فقط ويمكننا اضافة محرك اصغر حجما يكون على ذيل الطائرة ليساعدها على رفع وخفض بدن الطائرة وهيالطريقة الأكثر شيوعًا لمواجهة رد فعل عزم الدوران الرئيسي هي استخدام ذيل الدوار.

دوار الذيل هو ببساطة مروحة توفر الاتجاه في الاتجاه المعاكس لعزم الدوران التفاعلي الذي ينتج عن الدوار الرئيسي.

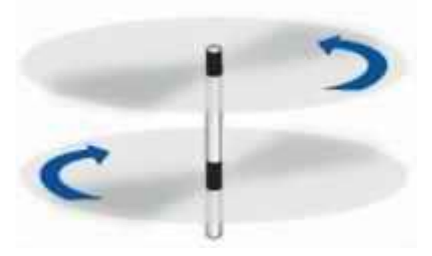
المراوح العامودية :

يمكن تصميم الطائرات العامودية باستخدام شفرتين او اكثر , ولذلك تاثير على عزم وقوة وسرعة الطائرة , انظر الصور التالية :





ولكن كيف تتحرك الشفرتان باتجاهين متعاكسين ؟ ان العمود الذي يربط الشفرة بالمحرك هو في الحقيقة عامودين متداخلين كما في الصورة ادناه , كل منهما يتحرك في اتجاه مختلف



سنوضح هذه التفاصيل في الدروس القادمة عندما نصل الى المكونات بشكل تفصيلي .

انظر الى هذا التكوين الذي يوضح الكلام اعلاه :



حيث ان :

المكان الذي يثبت عليه شفرات المروحة العليا	Upper rotor blade head
المحور الدوار الذي ينقل الحركة للمروحة العليا	**Internal shaft**
فاصل	Hollow Mast
المكان الذي يثبت عليه شفرات المروحة السفلى	Lower rotor blade head
محرك الشفرات العليا	Upper rotor motor
محرك الشفرات الدنيا	Lower rotor motor

مروحة الذيل :





تكون هذا المروحة متصلة في جسم الطائرات بواسطة عامود ثابت الموضح ادناه :



بعض اشكال طائرات الهيلكوبتر المختلفة :









- طائرات الدرون

اذا كنت تبحث عن طائرة للمراقبة الجوية او تصوير افلام وثائقية للحياة البرية عن كثب او للسير الى مسافات طويلة جدا فبالتأكيد اننا نتحدث عن الدرون . ظهرت الدرون خلال السنوات الاخيرة بصورة قوية نظرا لشكلها الجميل وسهولة صناعتها وامكانياتها القوية في التحليق لمسافات طويلة واستقرارها العالي , ويمكن تحميل عليها الكثير من الاجهزة والادوات مثل الكاميرات وتحديد المواقع والامتعة المتنوعة اثناء التنقل , اصبحت الشركات تتوجه الى المنافسة في تصميم طائرات الدرون حتى ان شركة امازون اصبحت تقوم بتوصيل الطرود الخاصة بالمشتريات باستخدام طائرات درون !

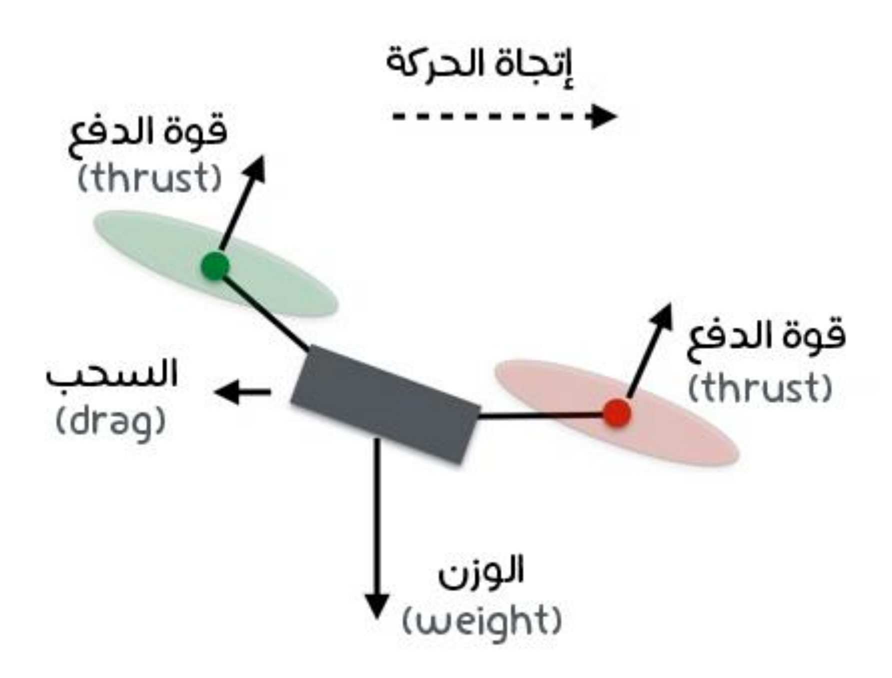


كما تعددت استخدامتها في أكثر من مجال فمنها استخدامات عمليه مثل طائرات الإسعافات الأولية و طائرات نقل الشحنات البريدية الخ ...، ومنها استخدامات ترفيهية مثل المسابقات التنافسية المختلفة.

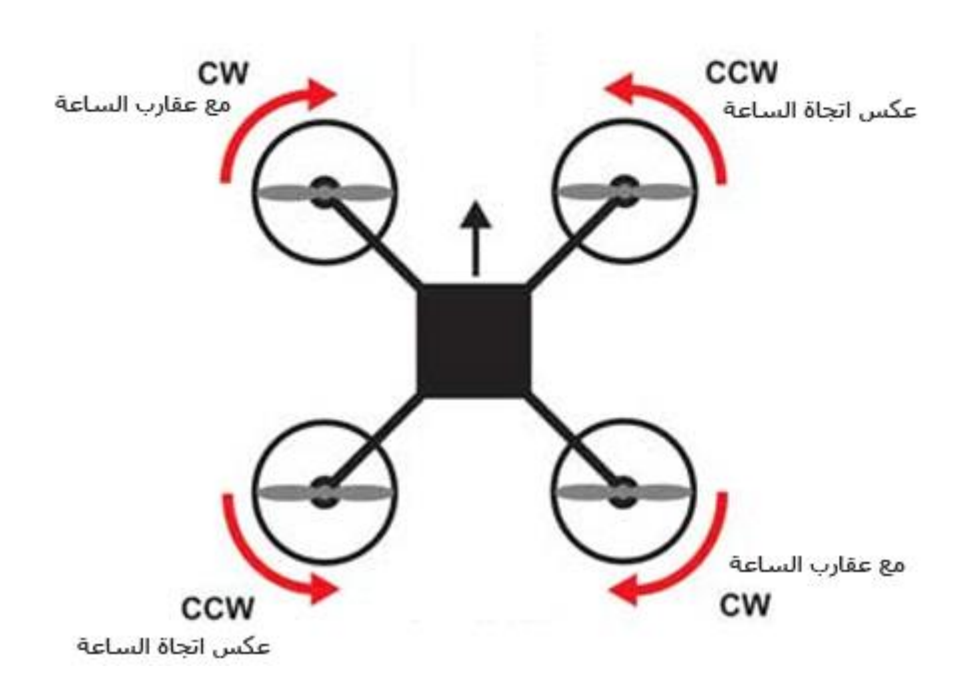
ان الدرون في شكله البسيطة يتكون من 4 مراوح دوارة للتحكم في الطائرة وهم تعتبر من انواع الطائرات العامودية مثل الهيلكوبتر وتسمى ايضا طائرات الدرون بالطائرات الرباعية Quadrocopter ولكن بالطبع هناك بعض طائرات درون لها اكثر من 4 مراوح دوارة .

واحدة من أهم أجزاء الكوادكوبتر (الدرون) هو الإطار لأنه يدعم المحركات والإلكترونيات الأخرى ويمكنك الحصول على إطارات الجاهزة من أي موقع بسهولة، ولكن إذا كنت تريد أن تصنعه بنفسك يمكنك استخدام المواد القوية وخفيفه الوزن مثل ألياف الكربون أو الخشب أو البلاستيك. ويعتبر ألياف الكربون هو الخيار الأفضل لصنع الإطار لأنها مواد خفيفة نسبياً وقوية ومستقرة لحمل وزن جميع أجزاء الكوادكوبتر.

فهناك العديد من التصاميم المتاحة لطائرات الدرونز فمنها الثلاثي والرباعي والخُماسي والسداسى المروحيات. فما نحتاج في البداية هو تحديد شكل هيكل الطائرة وتحديد ماهية المهام التي يجب على الطائرة فعلها ، حيث أنه من الثوابت في قواعد الطيران وديناميكية الهواء أن تكون قوة دفع المراوح الأربعة تساوي ضعف وزن الطائرة حتى تتيح لها القوة لتحلق بوزنها الذي هو أثقل من الهواء وتكسب ارتفاعاً معيناً كلما زادت سرعة المحركات. إذاً يجب أن يؤثر على هيكل الطائرة قوة تُعاكس قوة وزنها ويتم توليد قوة الرفع عن طريق المراوح كما هو موضح بالشكل.



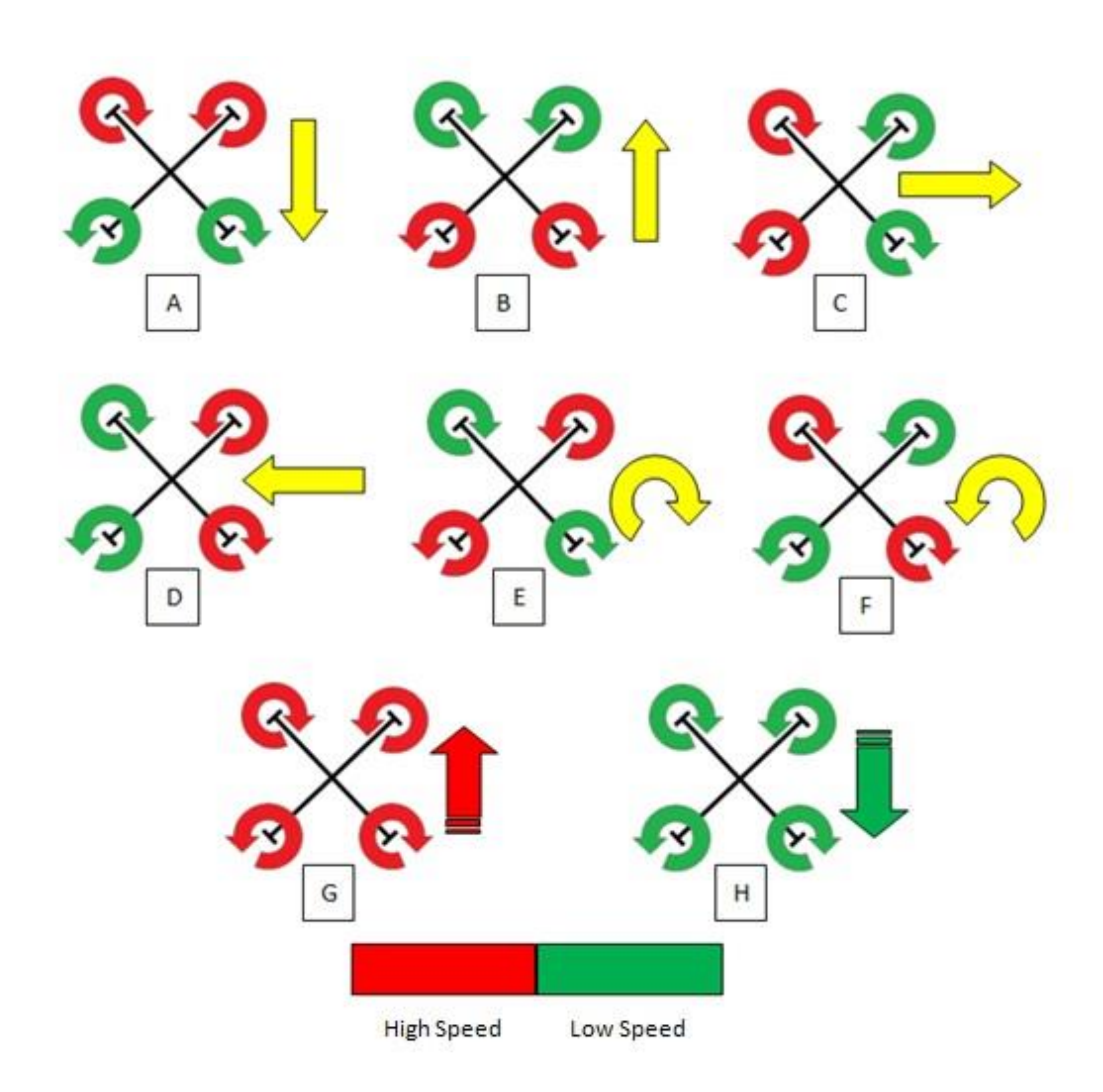
ولمعرفة كيف تثبت طائرة الدرون في الهواء فإنه يجب دوران المراوح (المحركات) بالإتجاه الموضح، محركين في اتجاه عقارب الساعه، ومحركين عكس اتجاه عقارب الساعه.



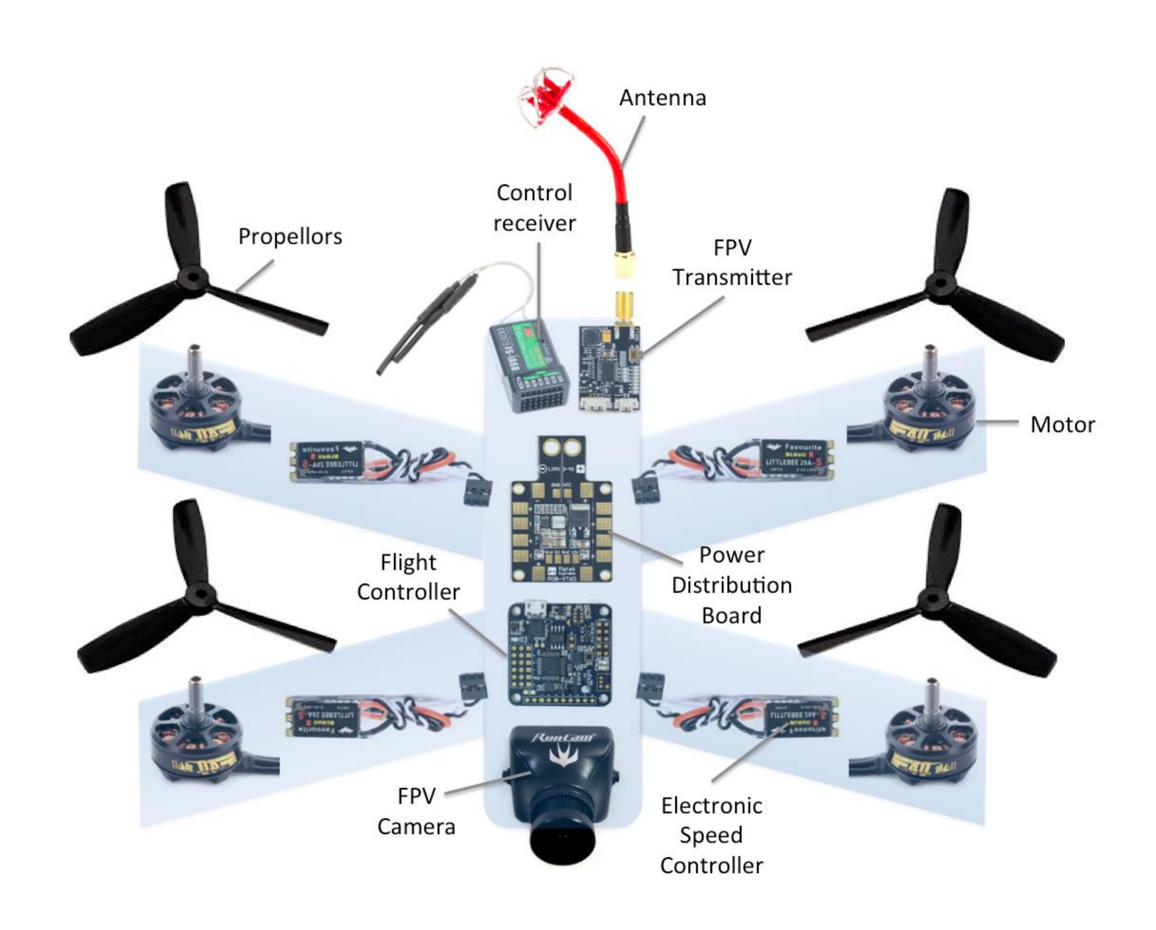
فدوران المرواح (propellers) في اتجهاين متعاكسة يخلق قوة الدفع (thrust force) تكون ضد قوة الجاذبية + وزن الطائرة (weight force) مما يساعد على التحليق .



ولكي نتعرف أكثر كيف تتحرك طائرة الدرون في اتجاهات مختلفة وصعودا وهبوطا والميل في زاوية إليكم هذا الرسم التوضيحي :



نظرة داخلية الى مكونات طائرة درون تنتجها احدى الشركات العالمية , وهي متوفرة في الاسواق وباسعار جيدة , ويمكن بناؤها بسهولة لتوفر القطع ايضا ..



FPV Video Transmitters	جهاز الاستقبال هو الوحدة المسؤولة عن استقبال إشارات الراديو المرسلة إلى الطائرة بدون طيار عبر وحدة التحكم. عادةً ما يكون الحد الأدنى لعدد القنوات اللازمة للتحكم في طائرة بدون طيار 4. ومع ذلك ، يوصى بتوفير شرط من 5 قنوات. هناك العديد من أنواع الاستقبال المختلفة في السوق ، ويمكن استخدامها جميعًا عند صنع طائرة بدون طيار – هذا المستقبل يدعم نقل اشارات الفيديو

يستخدم هذا الدرون كاميره لنقل المعلومات الى جهاز الاستقبال وتمثل هذه المعلومات صور او فيديو	FPV Racing Drone Cameras
تستخدم هذه القطعة للتحكم في المحركات الاربعة وتنظيم عمليات الطيران ونقل واستقبال البيانات من والى الطائرة	Flight Controller
للتحكم في توزيع امدادات الكهرباء للطائرة وهي تعمل بشكل متجانس مع المتحكم المتستخدم في الطائرة حسب تعليمات المستقبل التي يرسلها الجهاز المرسل	Power distribution Board

بعض اشكال طائرات الدرون المختلفة :



▪ نظام SAFE



تستمر أنظمة الاستقرار الاصطناعي في أن تصبح أكثر تطوراً وقدرة. أن هذه الأنظمة ليست عبارة عن عصا سحرية تمنع جميع الأعطال وتجعل خبراء طيارين جديدة محترفين بين عشية وضحاها. الاستقرار الاصطناعي هو مجرد أداة تدريب مفيدة. عند استخدامها بشكل صحيح ، يمكن أن تقصر بشكل كبير منحنى التعلم للطيار .

هذا النظام فريد من نوعه لأنه يستخدم نظام تحديد المواقع والبوصلة من أجل تحقيق قدرات غير مرئية حتى الآن في الطرز الثابتة الجناحين. في بعض الحالات ، تعالج تلك القدرات الجديدة أوجه القصور التي وجدت في أنظمة الاستقرار الأخرى.

لماذا GPS والبوصلة؟

تتمثل الوظيفة الأساسية لنظام الاستقرار ذي الأجنحة الثابتة في معرفة تحديد هوية ما هي الرحلة المستقيمة والمستوية لثبات الطيران , إذا أصيب الطيار بالارتباك أو وضع الطائرة في وضع سيء ، فسيقوم النظام بتنفيذ مناورات الاسترداد وإنقاذه .

يمكن للطيار بعد ذلك استئناف السيطرة دون أي ضرر , لقد اعتدنا (وربما نعتمد على GPS وميزات تمكين البوصلة في العديد من الطائرات . من خلال معرفة مكان وجودها .

بمجرد أن تتاح للطيار فرصة لالتقاط أنفاسه واستعادة ذكائه ، فإن الضغط السريع على الزر يعيده إلى السيطرة من جديد .

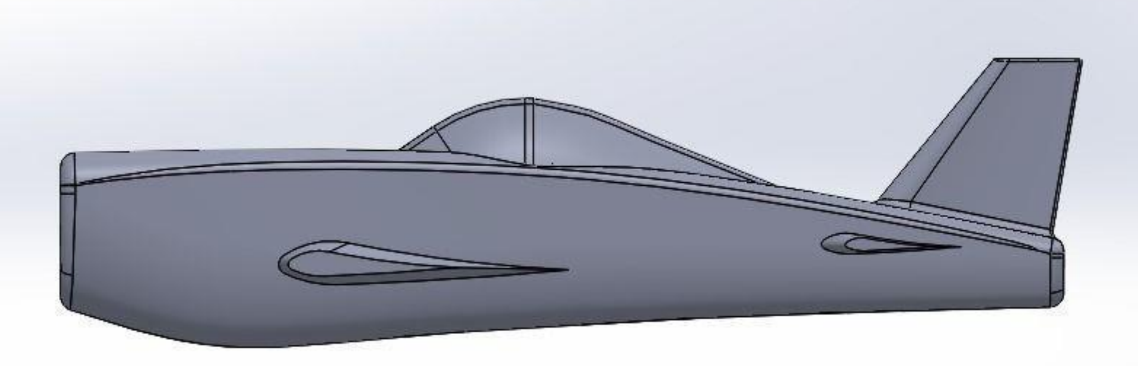
إذا استمر الضغط على الزر نفسه لمدة ثلاث ثوانٍ ، يدخل الرياضي في تسلسل "AutoLand". سيعود النموذج على الفور إلى المدرج ووضع منهجًا للهبوط.

ميزة أخرى يوفرها GPS والبوصلة في SAFE + هي سياج افتراضي) يمنع النموذج من الطيران بعيدًا جدًا. يوفر SAFE + نسختين يمكن اختيارهما من السياج. في وضع الإيقاف .

لقد وجدت أنه من المثير للاهتمام أن يستخدم SAFE + أيضًا بيانات GPS لربط ميزات الاستواء الذاتي للنظام مع ارتفاع النموذج. على سبيل المثال ، يمنح إعداد وضع المبتدئين الطيار تحكمًا محدودًا للغاية عندما يتحرك النموذج إلى أقل من 33 قدمًا. يُسمح بمزيد من نطاق الحركة بمجرد أن يكون النموذج أعلى. على أي ارتفاع ، يجب على الطيار فقط تحرير عصي التحكم لتنشيط وظيفة التسوية الذاتية للنظام.

ستقوم الطائرة بأداء إقلاع متداول لطيف من خلال الدفع . هذه ليست سمة من سمات SAFE ، بل هي نتيجة طبيعية لديناميكا هوائية النموذج. على نفس المنوال ، فإنه يحافظ على الارتفاع عند حوالي نصف دواسة الدفع ، وينخفض في إعدادات الطاقة .

الهيكل



حسنا , لقد تعرفنا على الديناميكا الهوائية للطائرات وانواع طائرات التحكم عن بعد والانظمة التي تمكننا من بناء طائرات التحكم عن بعد , لقد وصلنا الى الجزء الاخير من الكتاب وهو الاستعداد لبناء وتهيئة الطائرة سنتحدث الآن عن خصائص المكونات الداخلية والخارجية الثابتة والمتحركة مثل الهيكل والبطاريات والمحركات والمراوح والمتحكمات والحساسات والمرسل والمستقبل وغيرها من العناصر المهمة والاضافية مثل الاكسسورات .

ان العوامل التي نركز عليها للحصول على طائرة نموذجية هي :

1 – سرعة الطائرة

2 – قدرة الطائرة على المناورة

3 – وزن الطائرة

4 – مسافة التحكم

5 – عدد قنوات التحكم الاسلكي

6 – مدة الطيران (حسب كفاءة البطارية المستخدمة)

7 – الانظمة المساعدة للطيار (مثل الجيروسكوب وال SAFE)

8 – مدة شحن البطارية وكل ما يتعلق بالخصائص المتعلقة بها

9 – تحمل هيكل الطائرة لانواع الاحمال المختلفة (راجع ديناميكا هوائية الجناح)

10 – توفر قطع الغيار (لغايات الصيانة)

11 – الضجيج

12 – التداخل الاسلكي (قد يعرض طائرتك للأختراق)

13 – استقرار الطائرة

14 – ابعاد الطائرة (ابعاد التصميم)

15 – معامل الأمان في اختيار القطع الكهربائية والهيكل

16 – انظمة تخفيف سرعة الطائرة والطيران الآمن مثل ال Flaps

17 – مرونة القطع المتحركة وعدم تعرض الطائرة للاحتراق

ان الطائرة لها شكل انسيابي ليسمح في تدفق الهواء لتطبيق قانون برنولي وقوانين نيوتن , لذا فان تصميم هيكل الطائرة عملية مدروسة كما درسنا في الديناميكة الهوائية للجناح والذيل , لذلك لا تستطيع بناء شكل الطائرة عشوائيا دون فهمك الجيد للقوانين التي درسناها فهي تحدد امكانية الطيران وسرعة الطائرة ووزن الطائرة وقدرتها على المناورة .

ان تصميم شكل الطائرة لا يعتمد فقط على محرك قوي يمكنه رفع الطائرة , كما البعض يعتقد , فان المحرك القوي بدون تصميم ناجح سينتهي عملك بالفشل ..

عند تصميم هيكل الطائرة يجب ان تراعي عدة عوامل مثل زاوية الهجوم ونسبة عرض الى ارتفاع الجناح ونوع المادة المصنوعة وزاوية الجناح ومركز الثقل ومقدار الزاوية الامامية للطائرة ومسافة ادوات الاقلاع والهبوط من جسم الطائرة وصولا للعجلات او قاعدة الهبوط .

في هذا الدرس سنقدم بضعة نماذج مدروسة متوفرة في الاسواق يمكنك شراؤها او بناء نفس النموذج بنفس الابعاد ومواد مشابهة في ورشتك الخاصة .

تذكر , نحن نبحث عن هيكل بابعاد مناسبة , ووزن مناسب , وقوي , وسعر مناسب .

- من اين نشتري قطع الطائرات ؟

حسنا , قبل ان تقوم بدفع بعض الاموال على شراء القطع , يجب ان تعرف لماذا نفضل شراء القطع بدلا من صناعتها يدويا ؟

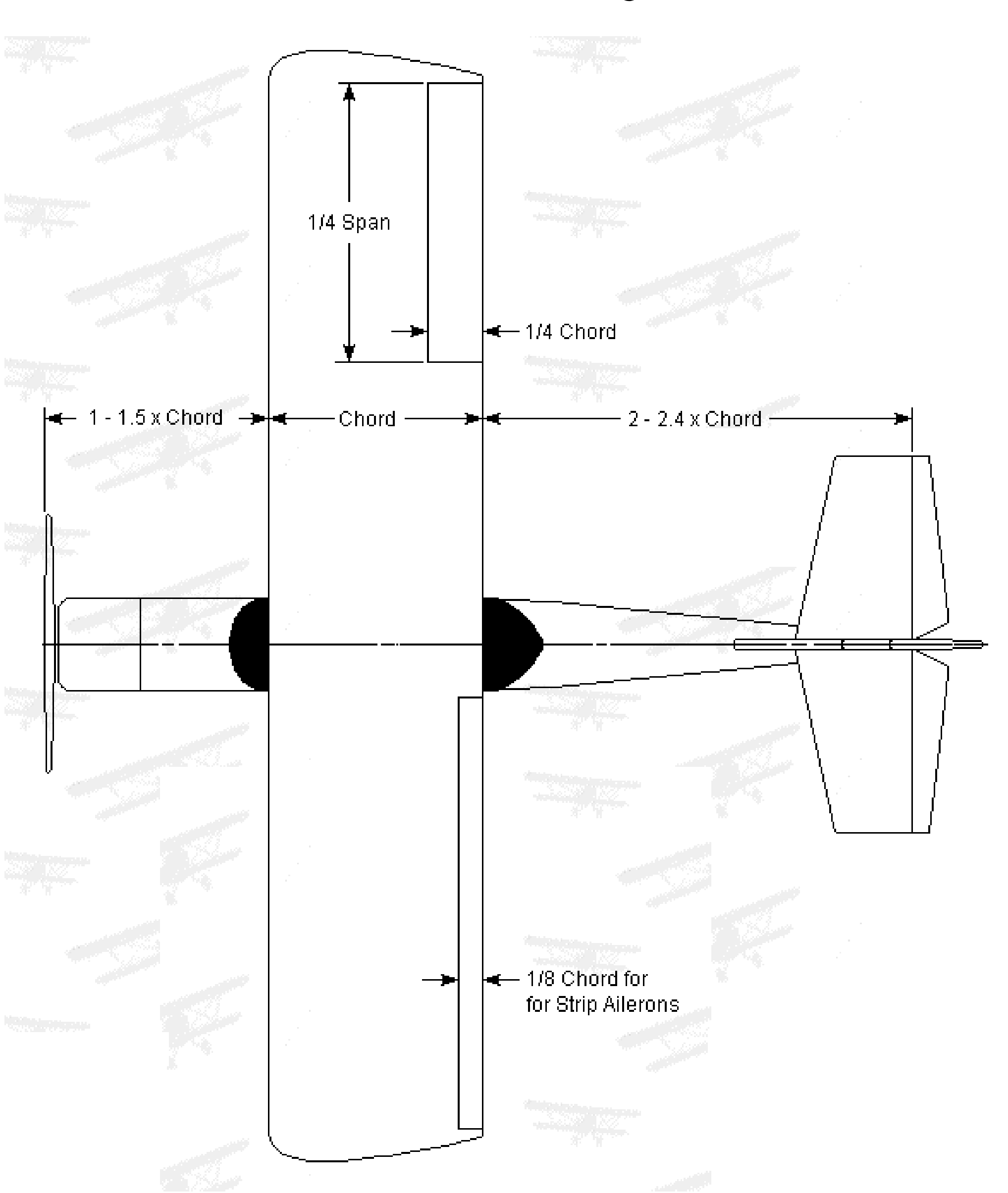
ببساطة ان الاجابة هي الدقة في الصناعة , مهما كنت دقيق في المهارات والعدد اليدوية من الصعب ان تحصل على الشكل الانسيابي للاجنحة والبدن وشفرات المراوح , اضافة الى ذلك قد تهدر اموال أكثر وانت تحاول صناعة بعض القطع التي تأتي في زواية مختلفة ووومفاصل متحركة مثل مروحة الهيلكبوتر , ولكن يوجد على الانترنت بعض الدروس التي تساعدك في تصميم القطع يدويا , ننصح بتصميم القطع اليدوية البسيطة للضرورة مثل نظام الاقلاع والهبوط.

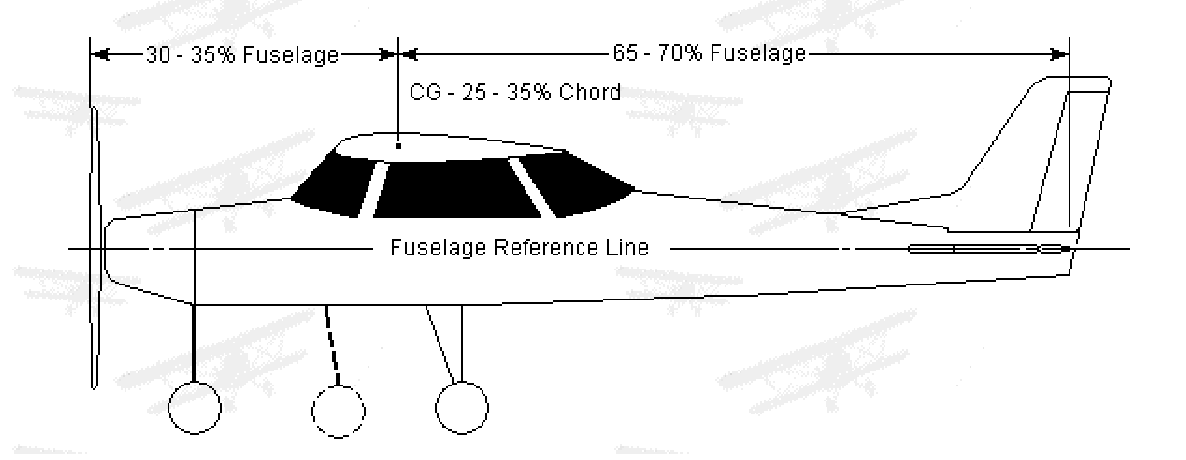
ان شراء قطع الطائرات عملية يجب ان تكون مدروسة , لا تشتري القطع الصينية الرخيصة ولا تشتري من متاجر غيرموثوقة وابتعد عن الماركات التي لا اثر لها في السوق .

ان طائرات التحكم عن بعد مثل السيارة الحقيقة لها عدة ماركات عالمية ومنتجات بالآلاف , ان اختيار قطعك من ماركات مشهورة يساعدك كثيرا في البحث عن بدائل للقطع اذ تعرضت للأذى فهي مرقمة ب اسماء وموديلات مشهورة , واحرص على شرائك قطع ذات جودة عالية لتستمع في التحليق !

▪ ابعاد الطائرات الافقية RC Airplane Dimensions

سوف نعرض لكم ابعاد بعض الطائرات التي يمكنك شراؤها او بناؤها من المواد المختلفة مثل الاخشاب الخفيفة المتينة او الفوم , وغيرها من مواد ولكن احرص على استخدام اداة لاصقة جيدة واستخدم البراغي بدلا من المسامير لعدد انزلاق اثناء الاهتزازات الميكانيكية , تخيل سقوط نظام الهبوط وانت تحلق في الطائرة ! , سوف ندرس أسس تحديد ابعاد طائرات التحكم عن بعد الافقية (يوجد اختلافات بالطبع حسب مصدر الصناعة) :





لعمل الحسابات اعلاه بطريقة مدروسة أكثر نستخدم موقع radiocontrolinfo.com بمجرد ادخالك نوع الطائرة (رياضي..الخ) وابعاد الجناح سوف يقوم بعمل جميع الحسابات ادناه !

مثلا اذا قما بادخال نوع الطائرة تدريبية وطول الجناح 18 انش وهي ادنى قيمة , علما ان اعلى قيمة هي 120 انش , عموما سوف تكن النتيجنة كالتالي :

Main Wing Design Details:	Specification
Wingspan (A)	18 inches
Fuselage Length (B)	12.96 inches
Wing Area (D)	59 square inches
Wingcord (C)	3.27 inches
Wing Thickness (E)	0.43 inches
Aileron Total Surface Area (F) Value is for Left and RIght Aileron	is 6.5 square inches
Aileron Length X Width (As a starting point)	is 5 inches X 0.65 inches
Prop to the leading edge of the main wing Distance (G)	2.7 inches

Horizontal Stabilizer Design Details:	Specification
Horizontal Stabilizer Surface Area (H)	14.8 square inches

Elevator Surface Area (I)	3.7 square inches.
Main wing leading edge to horizontal stabilizer leading edge (J)	9.8 inches

Vertical Stabilizer Design Details:	**Specification**
Vertical Stabilizer Surface Area (K)	5.9 aquare inches.
Rudder Surface Area (L)	1.5 aquare inches.

Performance Design Specs - CofG, Weight, Recommended Power:	**Specification**
Recommended Maximum All Up Weight (AUW)	1.7 ounces
Recommended Power Output at 1.7 ounces in weight	11 watts
Recommended Kv of Motor:	1620 Kv
Recommended LiPo Cell Count:	2S
Maximum Wing Loading	4.1 oz / square feet
Center of Gravity (M)	0.72 inches to 0.98 inches

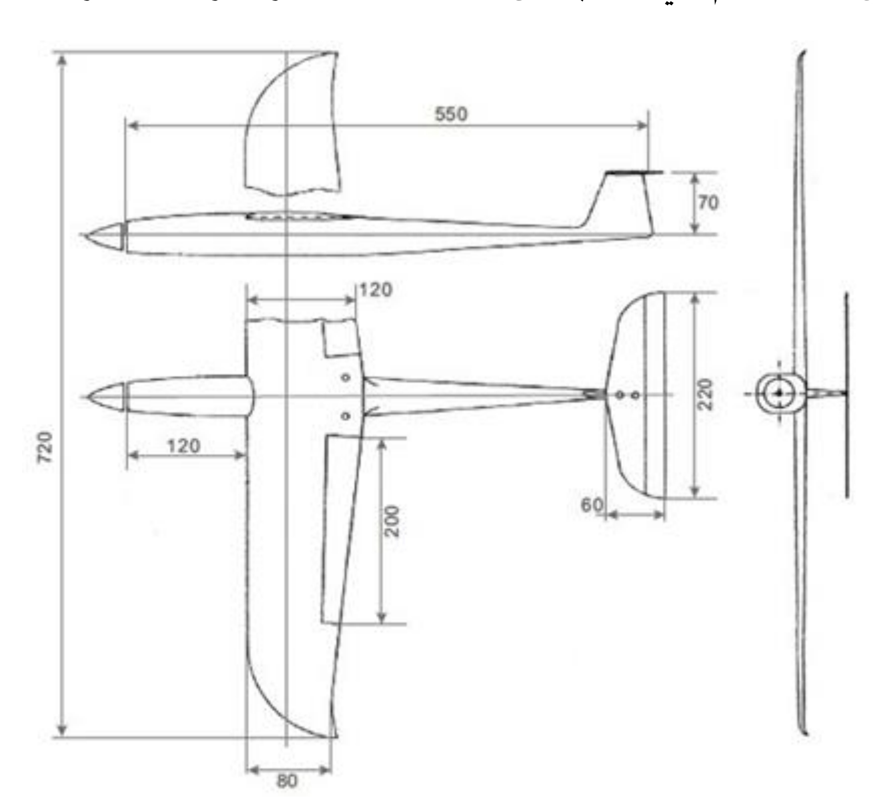
هل رأيت كم ان استخدام هذه الآلة الحاسبة رائع , انها بسيطة للغاية لقد عملت كل الحسابات المطلوبة حتى حسابات المحرك ومركز الجاذبية !

يوفر هذا الموقع جميع الابعاد والحسابات والتوصيات المطلوبة لطائرات ال RC الافقية , حقا انها اداة مذهلة تجعلك بعيدا عن الاخطاء الحسابية , ولكن ماذا عن التصميم الذي ترغب انت في تصميمه تماما؟ سنضع لك في نهاية هذا الكتاب المعادلات التي تسمح لك في ايجاد كل ما سبق.

حسنا اضافة الى ذلك يمكنك ايجاد ابعاد جاهزة على الانترنت بمجرد كتابتك على محرك البحث Dimensions of rc plane لتجد مئات التصماميم باشكال وابعاد مختلفة , بعد اختيارك التصميم يتوجب عليك اجراء الحسابات , او ربما تجدها مرفقة مع التصميم ! .

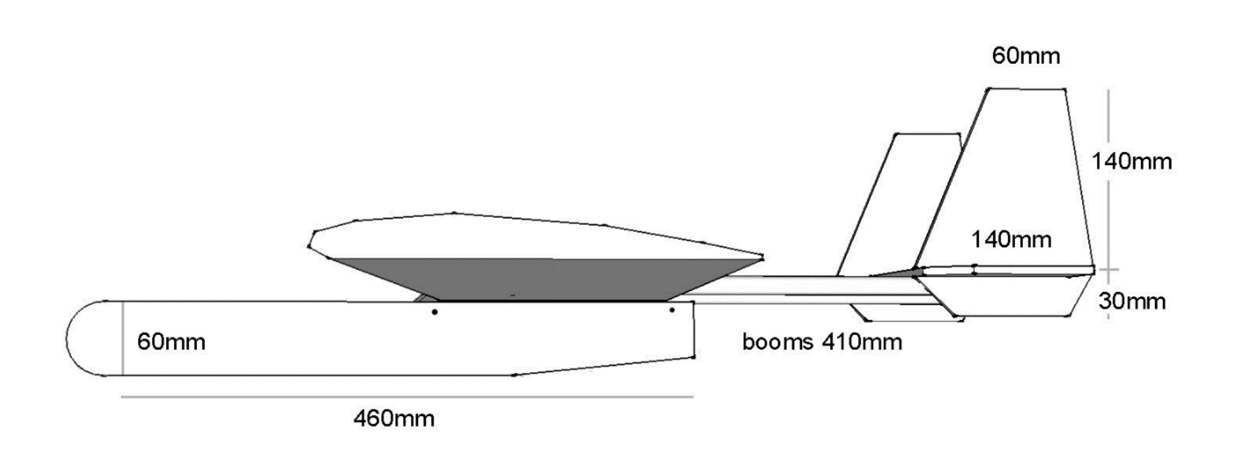
لقد اصبح الأمر ممتع اليس كذلك ؟

هذا واحد من التصماميم التي وجدتها على الانترنت يمثل طائرة شراعية بمحرك (ملم) .

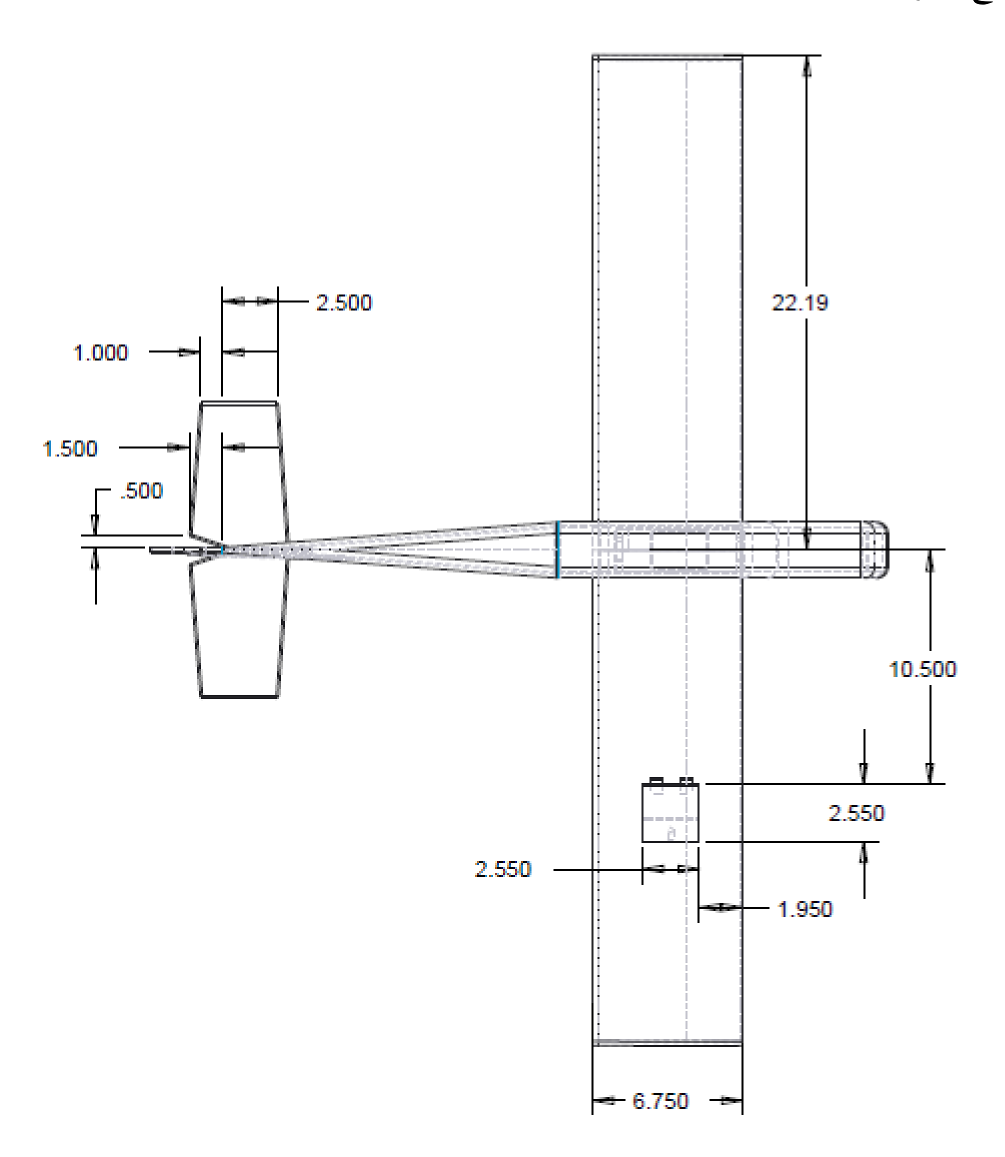


نموذج آخر (ملم) :

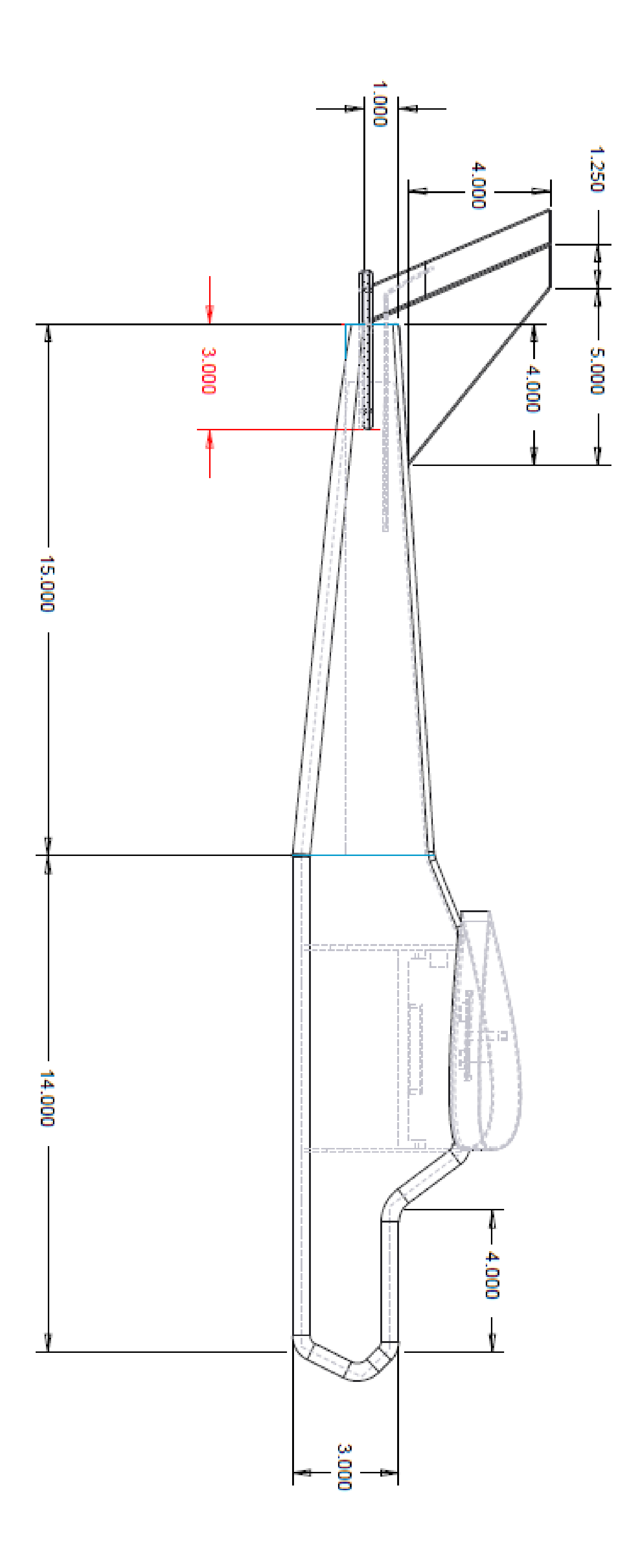
المربع الأحمر يمثل مكان المحرك الكهربائي .. سندرس اختيار المحرك في الدروس التالية .



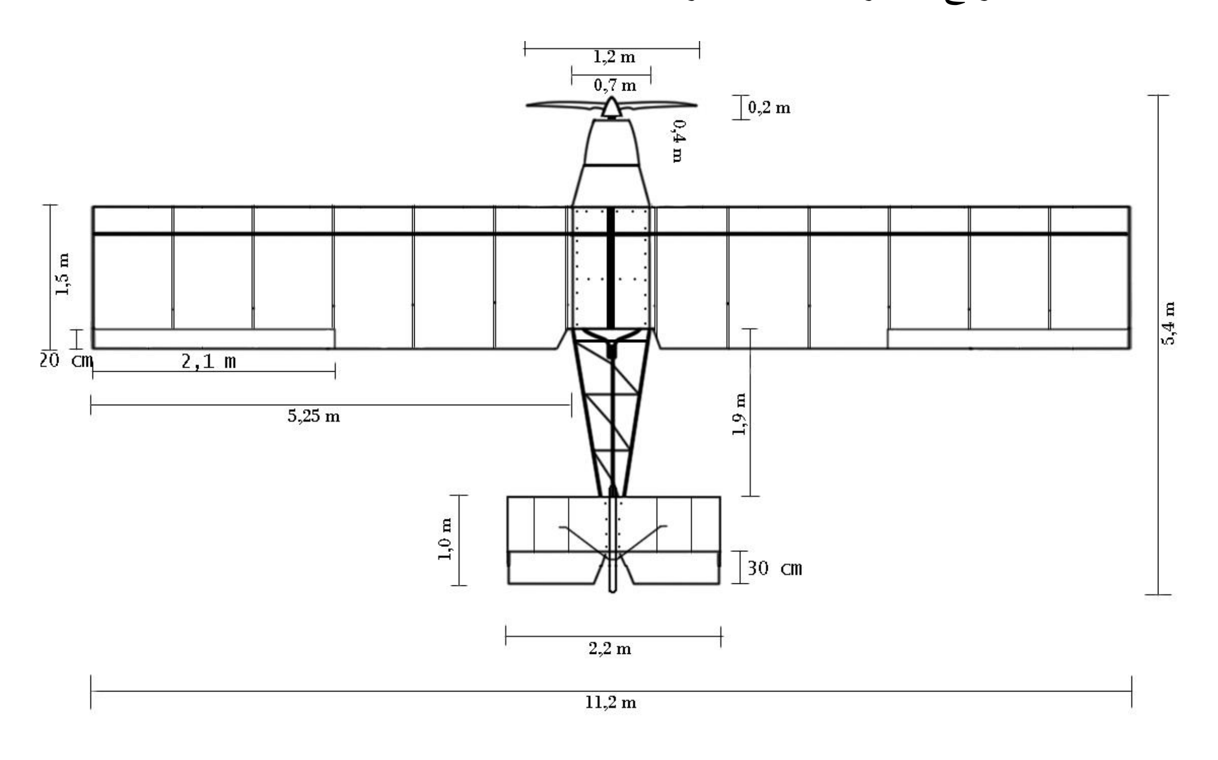
نموذج آخر :



يتبع الصفحة التالية ..


1.000
4.000
1.250
3.000
4.000
5.000
15.000
14.000
4.000
3.000

واخيرا هذا النموذج للمعرفة , يمثل طائرة حقيقية :



ولكن يوجد هناك طريقة أكثر ضمانًا لبناء هيكل الطائرات , وهي من خلال تصفح المتاجر الالكترونية التي تبيع طائرات التحكم عن بعد , فهي توفر معلومات المنتج في التفصيل وبما في ذلك ابعاد الطائرة وهيكل الطائرة ! ..

بعد ان انتهينا من ابعاد الهيكل , الآن سوف نعرض لكم الكثير من الادوات واسطح التحكم التي توجد على جسم الطائرة ولك القرار في شراؤها او صناعتها يدويا ..

1 - هياكل الطائرات الافقية Fuselages

ياتي الهيكل الاساسي بدون الاجنحة والذيل ولا حتى معدات الاقلاع والهبوط فقط يكون له امكان المخطط لتركيب الاجنحة والغطاء ومساحة داخلية كافية لوضع الالكترونيات ومكان مخصص للمحرك ولكن ليس كل الانواع على هذا النحو , بعض الانواع والاحجام المختلفة :













2 - قمرة القيادة Cockpit

بالطبع قد نحتاج للطائرة الى طريقة لجعلها تبدو مثل الطائرة الحقيقة وهنا من الجميل ان نختار قمرة قياة , وحتى ان بعض الطيارين يقومون بشراء طيار صغير الحجم لوضعه في الطائرة , لا تتعجب ! ان هواة الطيران لقد اخذت عقولنا مثل الأطفال , ولكن حتما يمكنني القول ان هذه الهواية ليست للأطفال ! , تأكد ان تكون الاحجمام متطابقة مع اصدار الهيكل الخاص بك بعض الانواع والاحجام المختلفة :



يجب ان يكون في الاعتبار وزن جميع مكونات الطائرة الاساسية والثانوية مثل قمرة الطيار .

3 – غطاء المحرك Cowls

في الطبع لن تترك المحرك الذي ركبته في الطائرة دون تثبيت جيد في مكانه , يمكن لهذه القطعة ان تكون مصدر اساسي او ثانوي لتثبيت المحرك , او حتى تجمليلية اليكم بعض الانواع والاحجام المختلفة :



4 – معدات الهبوط والدعامات Landing Gear /Struts

من المهم جدا لاي طائرة ان تقوم مزودة بادوات الهبوط التي تتحمل وزن الطائرة , ومن معايير اختيار معدات الهبوط هي الوزن المثالي والقوة الجيدة , اختيار حجم العجلات المناسب , ومن الضرورة ان تكون المسافة بين معدات الهبوط والطائرة مناسبة (اذا كانت معدات الهبوط من النوع الثابت اي التي لا تدخل الى جسم الطائرة). ويجب اختيار هذه القطعة من الماركات الجيدة لعدم تلف المحرك المسؤول عن رفع ن تنزيل العجلات , بعض الانواع والاحجام المختلفة:





5 – الاجنحة Wings

درسنا ان الجناح من القطه المهمة في الطائرة لرفعها والتحليق بعيدا عن الارض , يوجد العديد من اشكال الاجنحة وخصائصها في الشكل والالوان ووجود Flabs وقد يكون الجناح كامل من اليمين واليسار او قطعتين (يمنى ويسرى) , راجع درس الديناميكا الهوائية للجناح وذلك لاختيار افضل نوع حسب احتياجاتك التي قد تكون طائرة سريعة او معامل رفع عالي وما الى ذلك , بعض الانواع والاحجام المختلفة:



6 - المثبتات والدفة Stabilizers and Rudder

انت تعرف ان الذيل الافقي يشبه الجناح لكن بابعاد اصغر , لذا احرص عند سراؤك الذيل (المثبت) ان تفرق بينه وبين الجناح , وايضا احرص على ابعاد الذيل مقارنة الجناح , يمكنك مراجعة درس الديناميكة الهوائية لكي يكون اختيارك للذيل مقارنة مع الجناح صحيح , بعض الانواع والاحجام المختلفة:









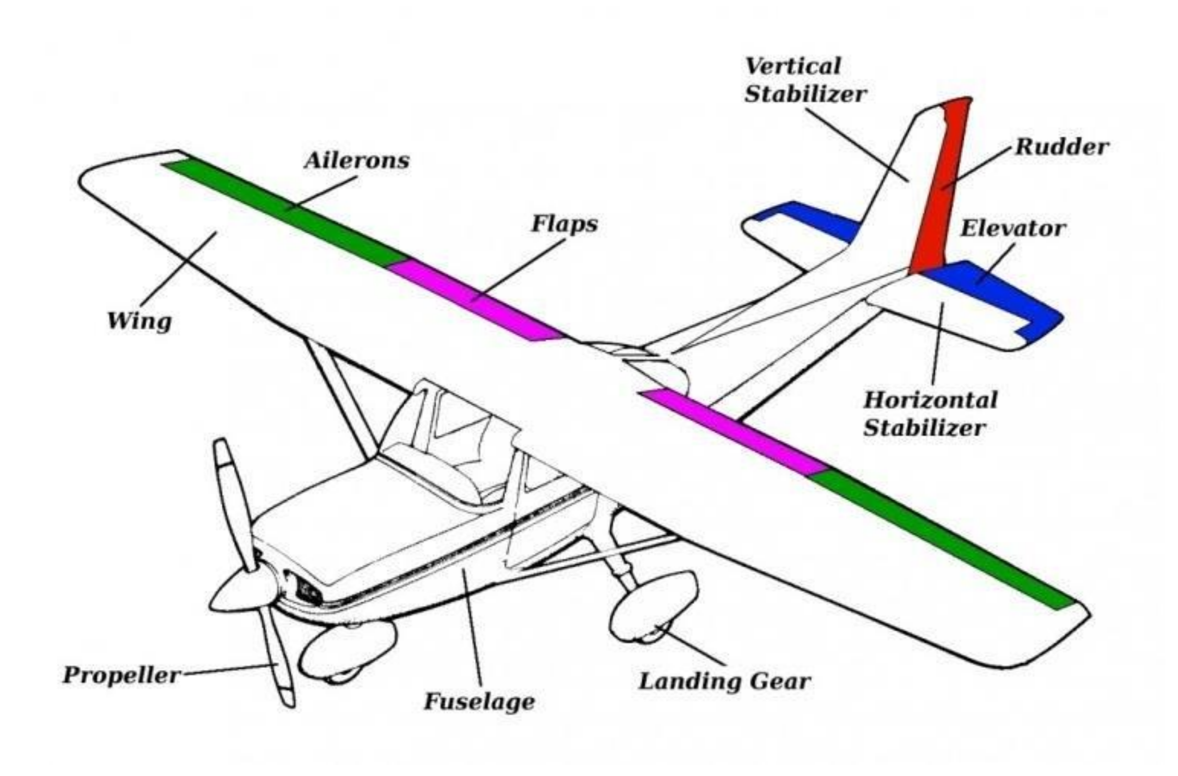
7 – الطيار , ولكن هذا الطيار بالتأكيد لن يتحكم في الطائرة , انها مجرد لعبة صغيرة توضع داخل قمرة القيادة مثل الصور ادناه :

حقا ان هذه اللعبة ستجعل الهواية مميزة ! , انظر الى شكل الطيار وهو داخل غرفة القيادة :



اضافة الى ذلك تحتاج الى الاربطة المطاطية والبراغي وادوات التثبيت , والعناصر المثبتة الاخرة التي تربط اجزاء الطائرة الداخلية والخارجية , لقد انتهينا من تفصيل مكونات الطائرة الافقية وتعرفنا على بعض اشكال واحجام قطع الهيكل الثابتة والمتحركة المتوفرة في الاسواق وتذكر دائما يمكنك ان تقوم بتصميم القطع بشكل فردي اذا اردت توفير بعض المال . في الدروس القادمة سوف نبدأ في وصف وشرح المكونات الميكانيكية والكهربائية للطائرة .

لنتذكر اجزاء هيكل الطائرة الافقية :



- اجزاء هيكل الهيبلكبوتر الداخلية والخارجية

1 - القاعدة الاساسية Maim frame , هي المكان الذي يثبت عليه محركات الطائرة المروحية , قد تستخدم محرك او محركين حسب النظام الديناميكي والكهربائي الذي تراه يناسب قدراتك على الطيران , بعض الانواع والاحجام المختلفة :

محرك واحد :



مثل هذه الطائرة :



محركين :



مثل هذه الطائرة :



ولكنني لا انصح بالنسبة لطائرات الهيلكبوتر ان تشتري فقط القاعدة ! فان المكونات الطرفية للهيلكوبتر كثيرة ومقيدة وصغيرة في الحجم ! , لذلك قم بشراء الهيكل كاملا مع المراوح او على الأقل مع عامود الدوران والمسننات Gear . حتى تتمكن من تركيب المحركات والالكترونيات والشفرات مباشرة بسهولة , الصور التالية توضح المقصود :



هل فهمت ما المقصود ؟ ان ان شراؤك للقاعدة الاساسية مع الذيل وقاعدة محور الدوران سيسهل عليك الكثير من الخطوات .

والصور ادناه توضح بالتفصيل مكونات هذا المنتج اعلاه :



من المهم جدا ان تكون جميع مكونات الهيلكوتر قياسية ومتوافقة مع اصدارك , ومن الضروري ان تأتي مع شفرات الطائرة الشفرة المخصصة للتوازن مثل الصورة اعلاه .

2 – غطاء الطائرة Canopy

من الجميل ان يكون في الاسواق اغطية لتغطية القاعدة الرئيسية , فقد لا ترغب ان تدلى اسلاكك خارج الطائرة او تعريض محركك والالكترونيات لتدفق الهواء القوي اثناء الطيران , بعض الانواع والاحجام المختلفة :






EC-KYU
Transporte
Transporte
Aereo
Sanitario
EXPLOSION
EC-KYU
Transporte
Transporte
Aereo
Sanitario
EXPLOSION


inace
K124


K123
MAX POWER


6G 3D HELICOPTER
AS350
6G 3D HELICOPTER
AS350

يضيف الغطاء جمال واضح على الطائرة انظر الصورة التالية :



3 – معدات الهبوط

4 – ذيل الهيلكوبتر

دوار الذيل أو الدوار الخلفي مثبت بمؤخرة المروحية التقليدية ذات دوار رئيسي مفرد ويكون عموديا على دوار المروحية الرئيسي، وعمله الرئيسي هو لمعاكسة حركة انعراج الطائرة إلى اليمين أو اليسار وعزم الدوران الذي ينتج من حركة القرص بسرعته الطبيعية. بتعريف بسيط فإن الدوار الخلفي (في الذيل) هو مروحة تدفع جسم المروحية بإتجاه معاكس لإتجاه الدوار الرئيسي حتى يمنع فقدان السيطرة وهو مثبت مع جسم الطائرة بواسطة عامود ثابت .

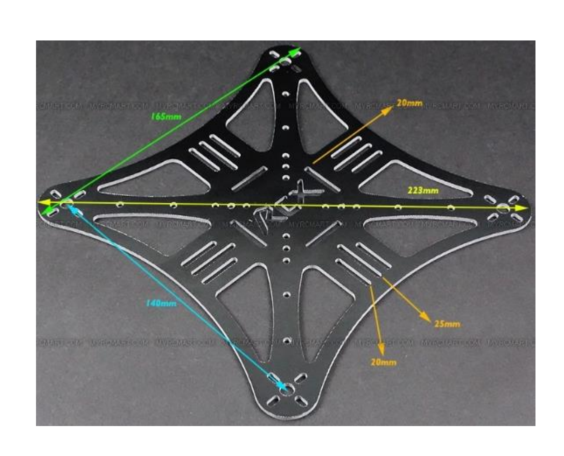


- اجزاء هيكل الدرون

لقد درسنا سابقا هندسة الدرون وتعرفنا على امكانياته الضخمة وكيفية عمله , في الحقيقة عندما تفكر في بناء طائرة تحكم عن بعد , ان الدرون هي اسهل هيكل يمكنك بناؤه فانت لا تحتاج الى قاعدة و4 محامل للمحركات , ينعتمد كتابنا هذا تصميم الدرون ذو 4 محركات لانها الاكثر شيوعا . ولكن عندما تقرر انك سوف تقوم في بناء الهيكل يدويا كن حريص على عدم تصادم شفرات المراووح مع بعضها البعض وتكون المسافات متساوية بين المراوح والقاعدة وهنا نعرض لكم هياكل الدرون الأكثر شيوعا :











تتميز بعض الهياكل بوظائف اضافية مثل هذا الهيكل يحتوي قاعدة سفلية لتثبيت الكاميرات

البطاريات



لقد انتهينا في الدرس السابق من دراسة واختيار الهيكل , هنا سوف تبدء الدروس بمزيدا من الحماس سوف نقوم باجراء الحسابات الخاصة في طائرات التحكم عن بعد وكيفية استخدام وبرمجة الالكترونيات والقطع المتحركة وضبط جهاز الارسال والكثير من التفاصيل الحماسية.

حسنا , يبنغي لي الاعتراف ان الطيران بطائرات ذات بطارية ضعيفة (رديئة) , أمر سيئ للغاية بل سوف تشعر بالملل من الجلوس بالقرب من الشاحن مرارًا وتكرارًا منتظرا شحن البطارية .

لذلك يعتبر اختيار البطارية امر بالغ في الاهمية لضمان تغذية الالكترونيات بالشكل الصحيح لتعمل بكل كفائتها والتحليق في الجو لمدة جيدة , تختلف مدة التحليق حسب مواصفات البطارية , في هذا الدرس سوف نقوم بدراسة خصائص البطاريات لدمجها في الطائرات .

البطارية Battery هي تفاعل كيميائي داخل غلاف معدني ينتج شحنات كهربائية البطاريات من المتطلبات الاساسية لتوفير التغذية الكهربائية لاجهزة القياس والدوائر الالكترونية والروبوتات والمشاريع الصغيرة والكبيرة فتختلف انواع البطاريات منها السائلة والجافة ومنها ذات احجام كبيرة واحجام صغيرة وتختلف في الخصائص الكهربائية في الجهد والامبير وسرعة الشحن والتفريغ والتطبيق المستخدم ومن المعاير المهمة للبطارية هي امكانية اعادة الشحن فبعضها عند شحنها يحتاج الى وقت طويل بخلاف انواع اخرى وبعض البطاريات يحتاج الى شاحن اكثر ثبات وبعض الانواع غير قابل لاعادة الشحن وهذا من شأنه ارتفاع الكلفة وتلوث البيئة .

الكثير من الناس يفهم أن شحن البطارية مثل ملئ دلو بالماء! فتح الحنفية على مصراعها يسارع في ملئ الدلو وإذا كانت الحنفية ذات فوهة ضيقة فإن عملية الملئ سوف تطول. هكذا هي النظرية المجردة المبسطة ولكن الواقع يختلف لأن البطارية ليست عبارة عن وعاء فارغ تصب فيه الإلكترونات كصب الماء! البطارية القابلة للشحن تحتوي على مركب كيميائي مزاجي , يجب تكييف الجهد والتيار ليتم التعامل مع هذا المركب الكيميائي حتى يتحول من حالته الخاملة إلى حالته المشحونة بالطاقة.

تختلف البطاريات القابلة للشحن بطريقة الشحن ومعايير ومنحنيات الشحن. هذا يعني أن اي محول لا يصلُح لشحن أي بطارية وقد يستبب الأمر في إتلاف المركب الكيميائي وتحجره أو أن يسخن بشدة وتنفجر البطارية!

ولا ننسى أن إخضاع البطارية للجلوس على الكرسي "الشاحن" لمدة أيام يضعفها ويقصر عمرها بل يقتلها , ولهذا فإن الدوائر الالكترونية مصممة لكي تحدد زمن ومدة عملية الشحن بطريقة ذاتية حتى لا تنحني ظهورنا وتتقوس ونحن نعود للبطارية مرارًا ونجري الفحوصات والقياسات عليها لنرى أين وصلت عملية الشحن .

- البطارية الجافة



البطارية الجافة هي عبارة عن خلية جلفانية تحول الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائيه ، وبالتالي هي مصدر للتيار الكهربائي . تستخدم في أدوات معهودة كثيرة مثل بطاريات الجيب والساعات والأجهزة الإلكترونية مثل الراديو والريموت كنترول.

البطارية الجافة من البطاريات البسيطة ، ولا يمكن إعادة شحنها . تعددت استخدامات تلك البطارية حتى نهاية السبعينيات من القرن الماضي في مختلف الأحجام وكان لها معدل للتفريغ الذاتي ليس بقليل ، ثم استبدلت ببطاريات أخرى مرتفعة القدرة.

يبلغ جهد البطارية الجافة نحو 1.5 فولط. وعن طريق توصيل عدة بطاريات منها على التوالي (سالب موجب- سالب موجب وهكذا مثلما في بطارية الجيب) يمكن زيادة الجهد الكلي للمجموعة . ويوجد منها أنواع ذات جهد 4.5 فولط (مكونة من ثلاث بطاريات في علبة واحدة) ونوع آخر يعطي جهدا قدره 6 فولط (مكونة من 4 بطاريات في علبة واحدة ، لأن الخلية الواحدة من البطارية تعطي 1.5 فولط فقط طبقا لخواص المادتين المستخدمتين لتشغيلها وهما الزنك و المنجنيز).

تركيبها:

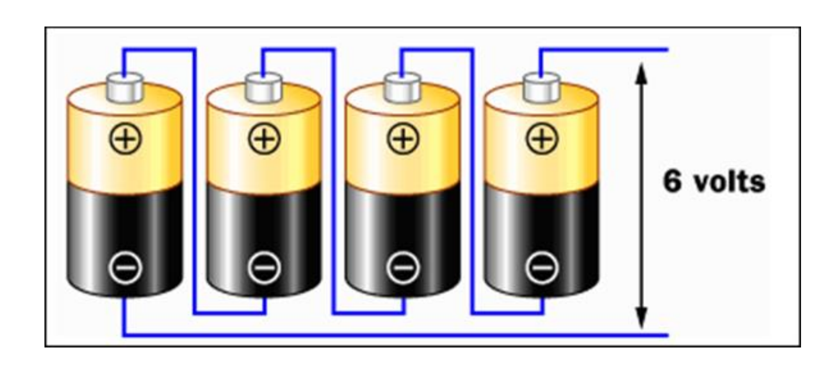
تتكون من علبة من الزنك (تمثل القطب السالب) ومسحوق ثاني أكسيد المنجنيز (كقطب موجب) وهو يحوي عمودا مركزيا من الكربون المضغوط (أو الجرافيت) ، يغطي عمود الكربون غطاء معدنيا لتحسين توصيل التيار . يستخدم كهرل مكون من محلول كلوريد الأمونيوم بتركيز 20 % . يتم استخدام البطارية كمصدر للكهرباء عن طريق توصيل الجهاز المستهلك (مثل بطارية جيب) بقطبي البطارية.

تستهلك علبة الزنك المحيطة بالكهرل وتتآكل بتشغيل البطارية (القطب السالب). ويغطى عمود الكربون (القطب الموجب) غطاء معدنيا لتحسين توصيل الكهرباء . والتفاعل الكيميائي المنتج للكهرباء يتم بين الزنك وأكسيد المنجنيز .

- طرق توصيل البطاريات :

الطريقة الاولى تستخدم للحصول على جهد عالي (اعلى من قيمة جهد اي بطارية) . وهنا مثال على بطاريات 1.5 فولت:

1 - توصيل البطاريات على التوالي Series Connection



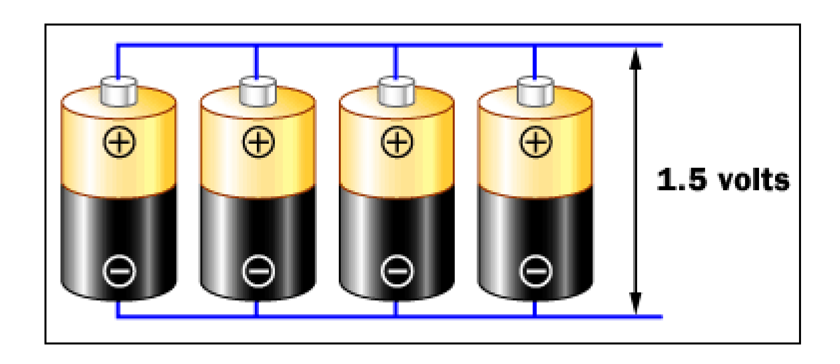
الجهد الكلي = جهد البطارية 1 + جهد البطارية 2 + جهد البطارية 3 + جهد البطارية 4

الجهد الكلي = 1.5 + 1.5 +1.5+ 1.5 = 6 فولت

التيار الكلي = تيار أحدى البطاريات

2 - توصيل البطاريات على التوازي Parallel Connection

الطريقة الثانية تستخدم للحصول على تيار اعلى (اعلى من قيمة تيار اي بطارية)



الجهد الكلي = جهد أحدى البطاريات

الجهد الكلي = 1.5 فولت

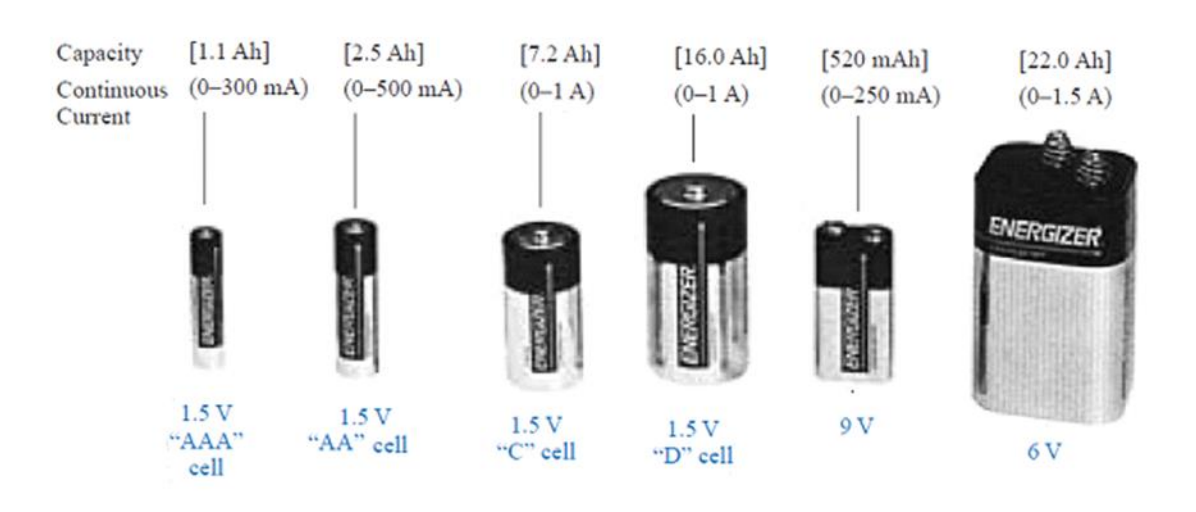
التيار الكلي = تيار البطارية 1 + تيار البطارية 2 + تيار البطارية 3 + تيار البطارية 4

- حساب عمر البطارية

النوع الاول يسمى Primary وهذا النوع غير قابل لإعادة الشحن، بينما النوع الثانى ويسمى Secondary يمكن إعادة شحنه مرة اخرى.

وكلما زاد حجم البطارية primary كلما زادت كمية التيار التى يمكن ان الحصول عليها كما تدوم حياتها لفترة اطول، والحجم الكبير نسبيا لهذا النوع من البطاريات جعل إستخدامها محدودا حيث يكون من الصعب استخدامها فى الاجهزة المحمولة.

والشكل التالى يبين بعض الاحجام المختلفة لهذا النوع، ومقدار ما تحتويه من تيار مقدرا بوحدة الامبير/ساعة ، ومقدار أقصى تيار مستمر يمكن سحبه منها مقدرا بالمليلى أمبير mA ، اضافة الى فرق جهد البطارية.



يمكن الحصول على تيار كهربائي اعلى وحجم أقل من البطاريات من النوع secondary وذلك نظرا لأن مقاومتها الداخلية قليلة .

لكل بطارية سعة capacity تقاس بوحدة الامبير/ساعة كما هو موضح بالشكل السابق، ومن خلال هذا المقدار يتم تحديد عمر البطارية، فمثلا اذا كان هذا المقدار يساوى 100، فانه يمكن نظريا الحصول من البطارية على تيار مستمر قيمته 1 أمبير لمدة 100 ساعة ، أو 2 أمبير لمدة 50 ساعة، او 10 امبير لمدة 10 ساعات، وهكذا، ويمكن استخدام المعادلة التالية:

$$\text{Life (hours)} = \frac{\text{ampere-hour rating (Ah)}}{\text{amperes drawn (A)}}$$

اي عمر البطارية (بالساعة) = مقدار الامبير.ساعة \ التيار المسحوب بالآمبير

مثال:

بفرض ان لديك بطارية جهدها 1.5 فولت وسعتها mAh1000، الى اى مدى يمكن ان تدوم البطارية اذا كانت تستخدم لتزويد دائرة بالتيار اذا كانت مقاومة الدائرة 100 أوم.

اولا نقوم بحساب التيار الذى سيتم سحبه من البطارية كالتالي:

$$I = V / R = 1.5 / 100 = 15mA$$

بقسمة جهد البطارية على مقاومة الدائرة نحصل على قيمة التيار المسحوب من البطارية، ثم بعد ذلك نقسم 1000 mAhعلى قيمة التيار المسحوب لنحصل على عمر البطارية كما يلي:

$$1000\,mA / 15\,mA = 66.7\,Hr$$

لتدوم حوالي66.7 ساعة تشغيل.

- بطارية الليثيوم



لقد أخذت بطاريات الليثيوم في الحلول محل معظم البطاريات والبطاريات القابلة للشحن في معظم الأجهزة الإلكترونية حتى أن هناك مركبات "سيارات" أصبحت تدفع بمحركات كهربائية تعمل على بطاريات الليثيوم.

تمتاز بطاريات الليثيوم بسعتها العالية أي أن تيارها وجهدها مرتفعين كما أنها خفيفة الوزن صغيرة الحجم بالمقارنة مع البطاريات الأخرى كالبطاريات السائلة والهلامية الرصاصية وبطاريات النيكل كادميوم والنيكل هايدريد.

ولا ننسى أنها أيضا تفوق الأخريات بضآلة التفريغ الذاتي عندها أي تخزن شحنتها ولا تستهلكها بنفسها كالبطاريات الأخرى.

والأهم من كل ما ذكر أنها لا تعاني من ظاهرة تضائل الشحن Memory Effect الذي نجده في بطاريات النيكل كادميوم خاصة والنيكل ميتال هايدريد والبطاريات الهلامية والسائلة .

ماذا تعني هذه الظاهرة ؟

أن البطارية لا تشحن وتمتلئ كليا إذا كانت فارغة كليا وقمنا بتطبيق معايير الشحن عليها بل تتذكر المرة الفائتة أنها كانت مليئة ب 90 بالمائة وتم شحنها ب 10 بالمائة وعندما فرغت كليا شحنت 10 بالمائة فقط فسرعان ما تفرغ عند الاستخدام وعند إعادة شحنها لا تشحن إلا قليل ولن تعد لها فائدة بعد ذلك!

إلا أن بطارية الليثيوم تعاني أيضا من بعض السلبيات وهي عدم رضاها بأي طريقة للشحن وأي نوع للشاحن , فشواحن البطاريات الأخرى تؤدي إلى تلفها وانفجارها!

أي أنها حساسة لارتفاع درجات الحرارة وجهد وتيار الشحن وأي اعتباط في التعامل معها يجعلها ترد بانفجار أو على الأقل بتلف المادة الكيميائية بداخلها وتصبح تالفة.

- بطارية الليثيوم بوليمر Lithium Polymer



عموما نحن لا نستخدم كثيرا في الطائرات انواع البطاريات اعلاه لكن كان من الضروري معرفة بعض الاساسيات والتركيب الداخلي للبطارية بشكل عام , نحن نستخدم بطاريات الليثيوم بوليمر في طائرات التحكم عن بعد المبينة اعلاه وذلك لعدة اسباب سوف نوضحها وندرس خصائص البطارية لضمان افضل مدة طيران وتكلفة جيدة مقارنة في استبدال البطاريات التي لا يمكن اعادة شحنها او لها خصائص رديئة في الشحن والتفريغ .

كيفية وما هي معايير اختيار بطارية ليبو لطائرات ال RC ؟

ينطوي اختيار بطارية Lipo RC الصحيحة لطرازك على العديد من العوامل ، ويجب أن يكون لديك أولاً فكرة عن متطلبات الجهد والتيار الخاص بالمحرك الذي تنوي استخدامه.

يرشدك هذا الكتاب عمليات التفكير المتضمنة في اختيار بطارية أو أكثر لنماذج RC الخاصة بك. هناك عدد من العوامل التي يجب مراعاتها عندما يتعلق الأمر باختيار حزمة البطارية. قبل الشراء ، فكر في هذه النقاط:

Voltage الجهد	Capacity السعة	Weight الوزن	Physical Size الابعاد	Connector روابط التوصيل	Discharge التفريغ	Charging Rate معدل الشحن

- جهد البطارية (S) Battery Voltage

Lipo Cell Voltage	
Fully Charged	4.2 V
Nominal	3.7 V
Do Not Exceed	3.0 V

ان جميع خلايا ليثيوم بوليمر لديها الجهد الذي يسمى الجهد الاسمي Nominal voltage وهو v3.7 لكل خلية. عندما تكون الخلية LiPo مشحونة بالكامل ، يجب أن تكون 4.2 Fully charged فولت وعند تفريغها ، يجب ألا تقل أبدًا عن 3 فولت .

ستلاحظ أن حزم LiPo تتكون من طبقات من خلايا متعددة. S1 = خلية واحدة (3.7 فولت).

إذا وجدت حزمة LiPo على أنها S3 ، فهذا يعني أنها 3 خلايا × 3.7 فولت (لكل خلية) وهي 11.1 فولت (11.1v بطارية الليبو).

لديها 3 طبقات من v3.7 لكل منهما. يشار دائمًا إلى تصنيف كل خلية من خلال الفولتية الاسمية nominal voltage (3.7 فولت) ، وليس الجهد الأقصى (4.2 فولت).

امثلة على الجهد :



- سعة البطارية Capacity (mAh)

هذا هو عادةً التصنيف الأكبر أو الأكثر وضوحًا الموضح على حزمة LiPo ويتم قياسه ب

mAh (Milliamp/hour) او Ah(Amp/hour) السعة هي عامل مهم في الاعتبار. فكر في السعة (مللي أمبير) كمقدار الوقود في خزان الوقود في سيارتك. سيقوم خزان ذو سعة أعلى بتشغيل سيارتك لفترة أطول.

عندما ترى القيمة mAh2200 هي نفسها milliamp 2200 واخيرا amp hours 2.2 , هذه هي كمية الطاقة التي يمكن أن تحملها البطارية. سوف تعطي هذه البطارية 2.2 أمبير من التيار لمدة ساعة واحدة. أو 4.4 أمبير لمدة 2/1 ساعة ، أو 8.8 أمبير لمدة 15 دقيقة. هكذا نعرف مدة طيران الطائرة حسب كمية سحب المحرك المستخدم اضافة الى الانظمة الكهربائية .

امثلة على السعة :



- الوزن Weight

يمكن أن تزن بطارية ليبو 25c 2000mah من 170 غراما إلى 270 غراما اعتمادا على العلامة التجارية ورقم الطراز. عندما تتطلع إلى شراء بطارية ، يجب أن يكون الوزن أحد الأشياء التي تنظر إليها.

بعض البطاريات 1600 مللي أمبير تزن مثل وزن 2200 مللي أمبير. البطارية لها تأثير كبير على قدرة الطائرات بالنسبة للوزن. يمكن ل 100 غرام إضافية تحدث فرقا كبيرا في أداء الطائرات الخاصة بك. تحتاج الطائرات إلى ان تكون نسبة الطاقة إلى وزن أفضل .

من المغري اختيار أكبر وأقوى بطارية. تحقق دائمًا من فحص CG (مركز الجاذبية) للطراز لمساعدتك في تحديد الوزن المناسب للبطارية. في معظم الحالات ، تكون البطارية ذات السعة الأكبر أكبر حجمًا وأثقل .

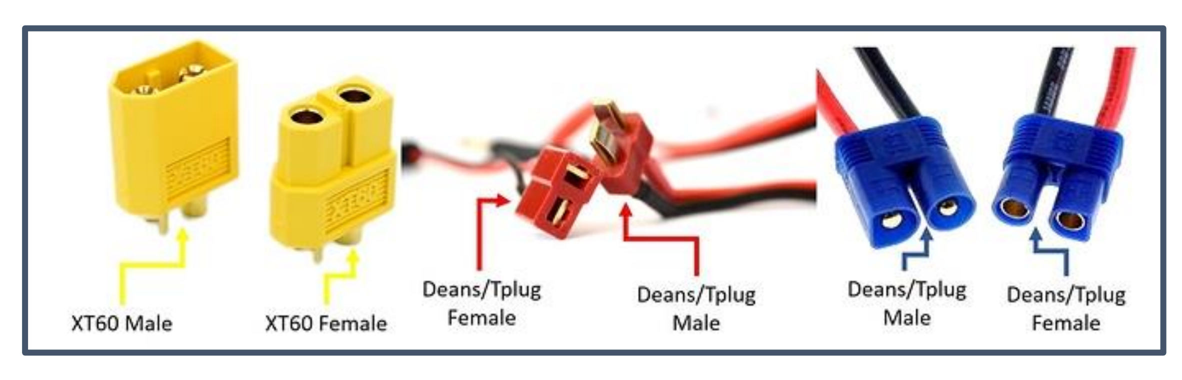
- الابعاد الفيزيائية Physical Size

لكي تكون البطارية مناسبة لطائرتك خصوصا تلك التي اشتريت لها الهيكل من احدى الشركات ، يجب أن تتلاءم مع حجرة البطارية (قاعدة البطارية) الخاصة بالهيكل . ليست كل البطاريات هي بنفس الحجم. بينما تحاول معظم الشركات المصنعة الحفاظ على ثباتها في تغيير الحجم ، إلا أن الأبعاد قد لا تزال مختلفة بعض الشيء. في بعض الأحيان قد يؤدي اختلاف الحجم بمقدار 2 مم إلى منعه من ملاءمة الطائرة الخاص بك وسيصبح الشكل الداخلي للطائرة قبيح.

- موصل البطارية Battery Connector

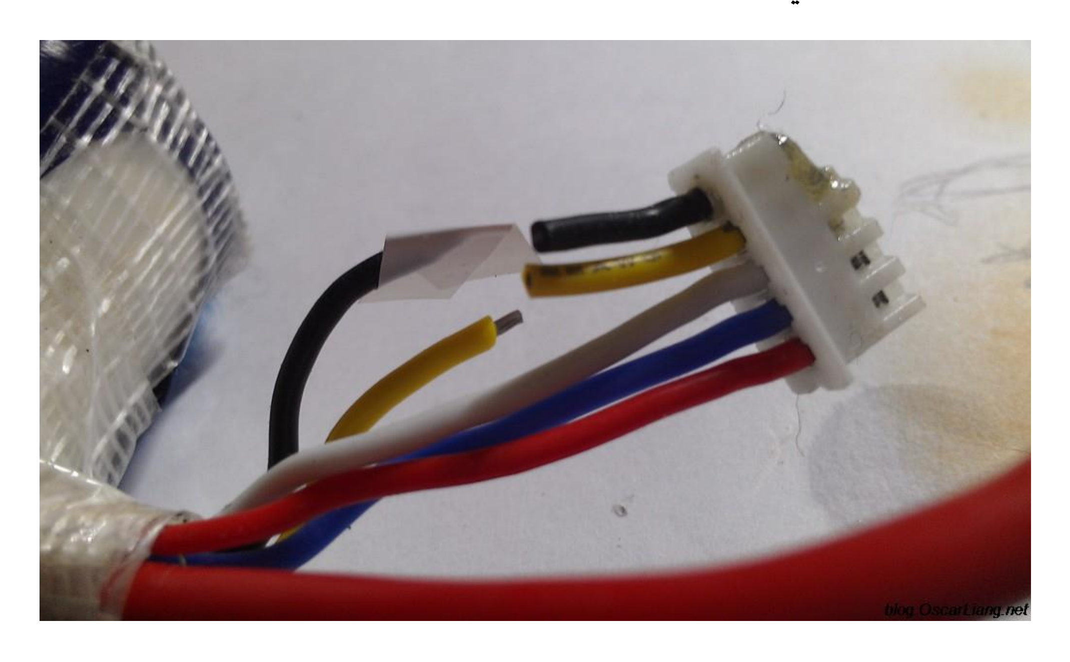
يمكن أن تكون الموصلات الموجودة في بطارية اللحام امر مزعجا لانه يحتاج الى ادوات اللحام ، لذلك من الجيد محاولة العثور على موصل البطارية الذي تريده حسب انواع المخارج التي لديك. يسمح لك ذلك بتبديل البطاريات بسهولة ، وإذا قررت إنشاء طائرة أخرى في المستقبل ، يمكنك استخدام نفس البطاريات , ويجب ان تعلم ان الموصلات تختلف انواعها تبعا للخائص الكهربائية للبطارية التي ذكرناها اعلاه .

امثلة على اشكال واحجام الموصلات :





قم باستبدال الرابط الذي لديك بسرعة اذا حصل مثل هذه المشكلة :



- التفريغ (C) Discharge

التفريغ هو مقدار الطاقة الذي يمكن أن توفره البطارية للنظام الخاص بك. التفريغ "C" هو مضاعفة لسعة البطارية. . على سبيل المثال: يمكن تفريغ بطارية C20 بسرعة 20 × 2000 مللي أمبير في الساعة والتي تبلغ mAh40,000 أو Amps40. هذا هو رقم مهم للنظر.

من الضروري دائمًا استخدام مقياس الواط لانه دلالة مع الزمن . اضافة إلى ذلك ، تحتوي البطاريات على معدل "الاندفاع" rate Burst ، وهو مقدار الطاقة التي يمكن للبطارية تفريغها لفترة قصيرة ، وعادة ما تتراوح من 10 إلى 20 ثانية . قد تظهر معلومات البطارية النموذجية 20-C30 ، وهذا يعني أن بطارية mAh1000 يمكن أن تصريف discharge mAh20،000 باستمرار أو إعطاء قوة مفاجئة وقصيرة 10-20 ثانية mAh30,000 من burst power .

نصيحة: ستدوم البطارية المصنفة "C" الأعلى لفترة أطول إذا تم تشغيلها بمعدل "C" أقل. على سبيل المثال: عمر البطارية 30 C عند 20 C كحد أقصى سيكون لها دورة حياة أطول من 20 C اي ان الطائرة بالاصل تعمل على في 20 C . امثلة :



- معدل الشحن Charging Rate

بعض البطاريات تظهر تصنيف ‘C’ rating ل الشحن charging . عموما يتم تصنيف معظم البطاريات بمعدل شحن C1 , الصيغة هي:

XXXX mAh / 1000 x (Charging C rating) = XX amps

على سبيل المثال: إذا كان لديك حزمة LiPo تبلغ قدرتها 2200 مللي أمبير في الساعة مع معدل شحن يبلغ C2 , بالتعويض بالمعادة اعلاه سوغ كون النتيجة 44 امبير وهذ يعني انت لست بحاجة الى شحن البطارية بمعدل أكثر من 4.4 أمبير.

إن الشاحن الابطأ هو الأفضل دائمًا لصحة البطارية. إذا كان لديك الوقت ... اشحنها ببطء. إذا لم تتمكن من العثور على تصنيف الشحن للبطارية ، فقم بتشغيل الشاحن واشحن البطارية في C1.

- سلامة الشحن :

استخدم دائمًا شاحن بطارية ليثيوم بوليمر ولا تقم أبدًا بشحن البطارية فوق 4.2 فولت لكل خلية. (مثال: S2 ، لا تتجاوز 8.4 فولت)

لا تترك بطارية الشحن دون مراقبة.

لا تسمح أبداً لتراجع جهد البطارية عن 3 فولت لكل خلية. (مثال: S3 ، لا تقل أبدًا عن 9 فولت)

لا تقم أبدًا بشحن البطاريات داخل السيارة.

يجب عليك دائمًا شحن بطاريات LiPo وتخزينها في مكان تكون به آمنة من الحرائق.

لا تشحن البطاريات بالقرب من أي شيء قابل للاشتعال.

تخزين البطارية: إذا كنت لا تخطط لاستخدام حزمة lipo الخاصة بك لأكثر من أسبوع ، فمن الممارسات الجيدة تخزينها بنسبة 60٪ من السعة المقدرة للحزمة. للحفاظ على حزم بطارية صحية جيدة ، يجب عليك أيضًا استخدام حزمك مرة واحدة على الأقل شهريًا. تخزينها دون استخدام لفترات طويلة من الوقت سوف يقلل من العمر الإجمالي للبطاريات الخاصة بك.

- غطاء البطارية Battery cover

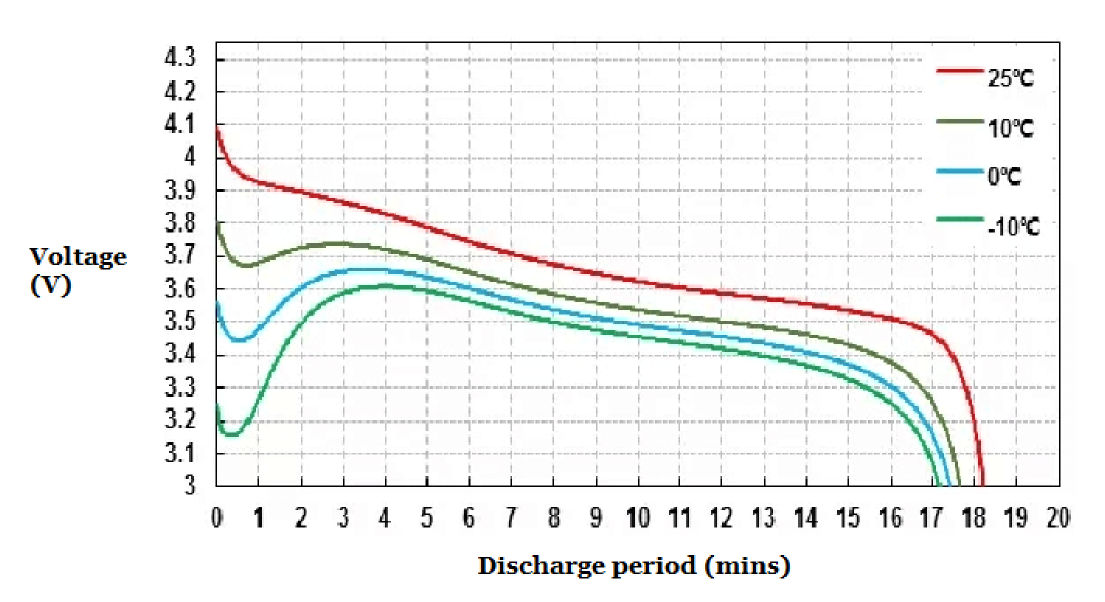
يوجد شكلين تجاريين لغطاء البطارية احدهما يكون خفيف وطري يسهل الدخول للمكونات الداخلية وتمزيقه , والآخر يكون في غطاء بلاستيكي صلب قوي , انظر الشكلين :

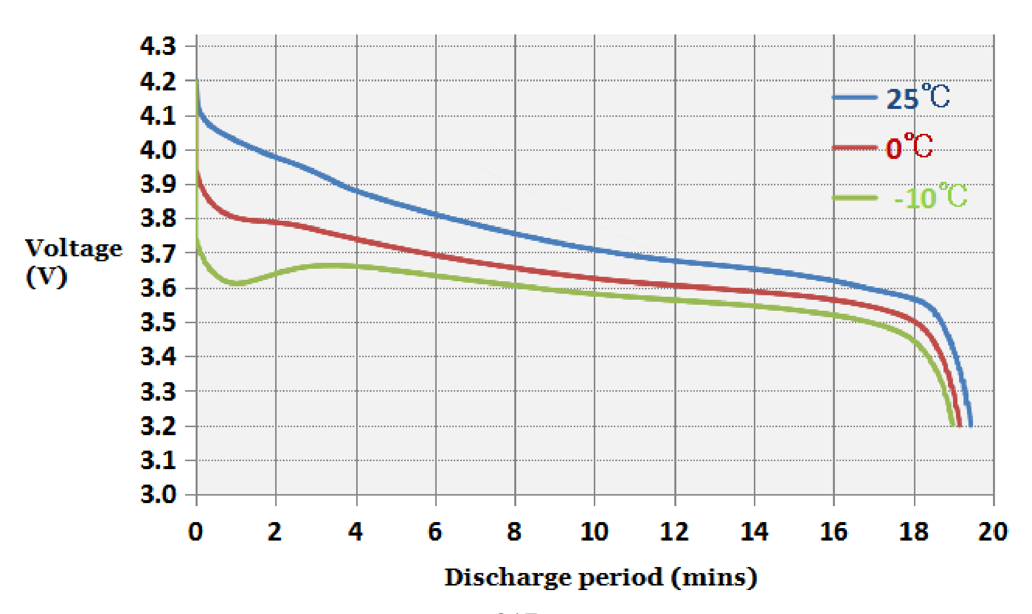


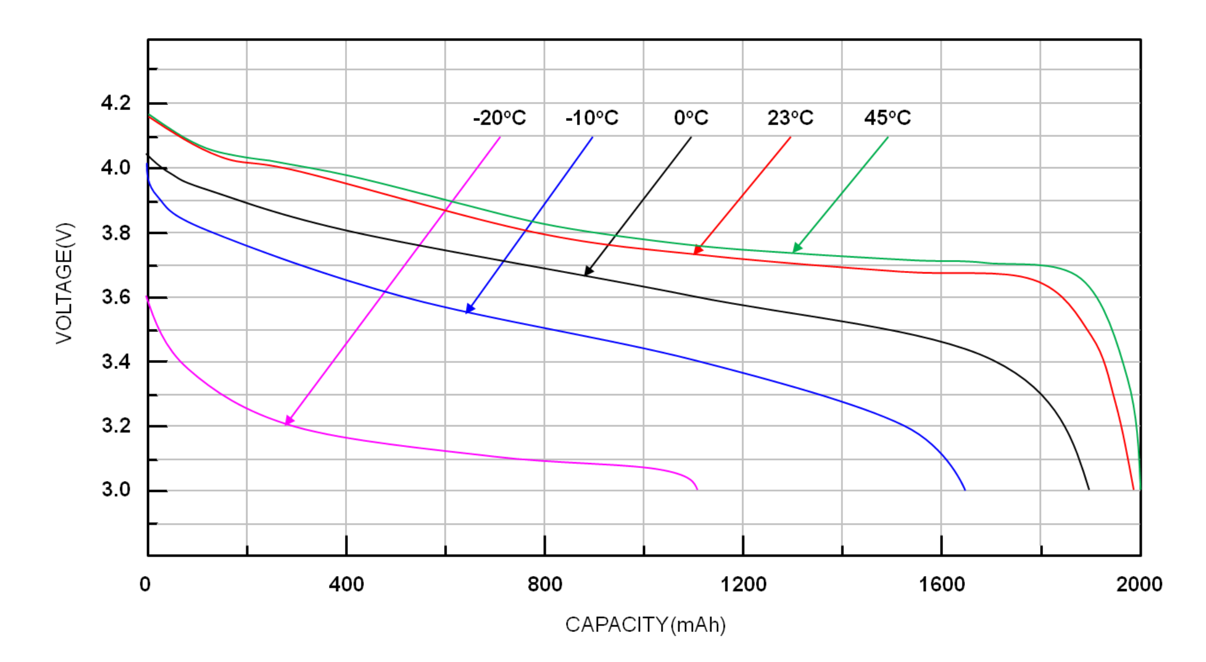


- اداء بطارية LIPO مع درجات الحرارة

كيف تؤثر درجة الحرارة على أداء بطارية ليبو؟ في الحقيقة ان بطارية LIPO تتاثر في درجة الحرارة العالية أو بيئة درجة حرارة منخفضة لنلقِ نظرة أولى على الرسم البياني التالي:







يمكننا أن نرى أنه خلال البطارية المستخدمة إن درجة الحرارة المحيطة لها تأثير على أداء البطارية ، وانخفاض الحرارة يؤدي الى تقليل كفاءة البطارية .

المستوى الأمثل لدرجة حرارة التشغيل لبطاريات الليثيوم هذه هو 0 إلى 35 °C. سوف تقلل بيئة درجة الحرارة المنخفضة من نشاط أيونات الليثيوم ، وستكون قدرة تفريغ بطارية ليبو ضعيفة , وسيتم تقصير وقت الاستخدام .

إذا كانت بطارية الليثيوم تستخدم في بيئة منخفضة الحرارة لفترة قصيرة من الزمن ، يكون التلف مؤقتًا فقط ولا يؤدي إلى إتلاف سعة البطارية. سوف يتعافى الأداء عند تعزيز درجة الحرارة.

ومع ذلك ، إذا تم شحن البطارية وتفريغها في بيئة منخفضة الحرارة لفترة طويلة ، فسيتم فصل الليثيوم المعدني على سطح "أنود البطارية". هذه العملية لا رجعة فيها وتضر دائمًا بسعة البطارية.

لذلك ، كيف نستخدم البطاريات في بيئة قاسية؟

اولا : توصيات في الصيف ، أو ارتفاع درجة حرارة البيئة بالنسبة للشحن :

1 - تتراوح درجة حرارة الشحن من 5 إلى 45 درجة مئوية

2 - يجب ألا يتجاوز الجهد الحد الأقصى للشحن V4.22. يجب ألا تتجاوز درجة الحرارة في فترة الشحن 45 درجة مئوية ؛

3 - لا يمكن شحن البطارية مباشرةً بعد إفراغ درجة حرارة عالية منها ، ولكن يمكن شحن البطارية عند درجة حرارة السطح 40 مئوية .

4 - يجب استخدام شاحن الشركة المصنعة المطابق للشحن ، لا يمكن استخدام المعدات الأخرى لاستخدامها تيار كبير على البطارية (C1.5≤)

5 - يجب ألا يتجاوز الجهد الحد الأقصى للشحن V4.22. يجب ألا تتجاوز درجة الحرارة أثناء الشحن 45 درجة مئوية.

توصيات في الصيف ، أو ارتفاع درجة حرارة البيئة بالنسبة للتفريغ :

1 - نطاق درجة الحرارة أثناء التفريغ في حدود 45 درجة مئوية .

2 - يجب ألا يتجاوز تيار التفريغ الحد الأقصى للتيار المحدد في المواصفات .

3 - يجب ألا تتجاوز درجة حرارة سطح البطارية بعد التفريغ العالي 70 درجة مئوية .

4 - يجب ألا تتعرض البطارية لأشعة الشمس قبل وبعد التفريغ. يجب ألا تتجاوز درجة حرارة سطح البطارية قبل التفريغ 45 درجة مئوية.

ثانيا : توصيات في فصل الشتاء ، أو بيئة درجة حرارة منخفضة بالنسبة للشحن :

1 - يجب أن يتم الشحن في درجة حرارة الغرفة (5 درجات مئوية أو أعلى ، 20 درجة مئوية هو الأفضل)

2 - لا يمكن شحن البطارية المستردة من الخارج على الفور ، ثم شحن البطارية بعد أن تصل درجة حرارة سطح البطارية إلى بيئة درجة حرارة الغرفة .

توصيات في فصل الشتاء ، أو بيئة درجة حرارة منخفضة بالنسبة للتفريغ :

1 - بعد التفريغ ، يجب عزل البطارية بفعالية (مثل استخدام الحاضنة ، وما إلى ذلك) لضمان الحفاظ على درجة حرارة جسم البطارية أعلى من 10 درجة مئوية ، والأفضل 20 درجة مئوية.

2 - بعد تحميل البطارية في الطائرة ، من الضروري التحقق من طاقة البطارية المتبقية من التطبيق (ندرسه لاحقا) ، وما إذا كانت معلومات الجهد غير طبيعية .

3 - عندما لا تصل درجة حرارة البطارية إلى 20 درجة مئوية أو أعلى ، فإنها لا تصلح للمناورات الكبيرة.

4 - يتم تقصير عمر البطارية بشكل كبير في بيئة درجات الحرارة المنخفضة. بعد إنذار البطارية المنخفض ، يجب إعادة الطائرة للشحن مع اخذ النقاط اعلاه بعين الاعتبار .

هذا كل ما يجب ان تعرفه حول تأثر البطارية بدرجات الحرارة . انصح بصراحة المنشور الذي يكون مع معدات البطارية عند شراؤها .

تذكر ان جهد البطاريات Nominal voltage التالية هو :

1S = 1 cell in series x 3.7 V = 3.7 V
2S = 2 cells in series x 3.7 V = 7.4 V
3S = 3 cells in series x 3.7 V = 11.1 V
4S = 4 cells in series x 3.7 V = 14.8 V
5S = 5 cells in series x 3.7 V = 18.5 V
6S = 6 cells in series x 3.7 V = 22.2 V

ويجب وضع الاسلاك وروابط البطارية من حساب وزن الطائرة الاجمالي , الجدول التالي يوضح ابعاد و اوزان والتيار الاعلى للروابط المخصصة للبطارية :

Connector	Current Rating	Wire Size	Weight
XT60	60 Amps	12 AWG – 18 AWG	6 g
XT30	30 Amps	20 AWG – 26 AWG	2 g
XT90	90 Amps	6 AWG – 10 AWG	14 g
Deans Ultra	50 Amps	12 AWG – 18 AWG	4.5 g
EC3	60 Amps	12 AWG – 16 AWG	NA
EC5	120 Amps	8 AWG – 10 AWG	NA
JST-RCY	3 Amps	22 AWG – 28 AWG	NA

وعند البدء في استخدام المحركات سوف نتعرف على كيفية اختيار البطارية تبعا لنوع المحرك والتفاصيل التي سوف نتعرف عليها .

- مراقبة البطارية واتزانها LiPo Monitoring Balancing

سنناقش في هذا الدرس جميع الأشياء المهمة التي تحتاج إلى معرفتها حول استخدام شاحن بطارية LiPo. يعد اقتناء شاحن لائق بمواصفات جيدة فكرة جيدة حيث ستستخدمه كثيرًا.

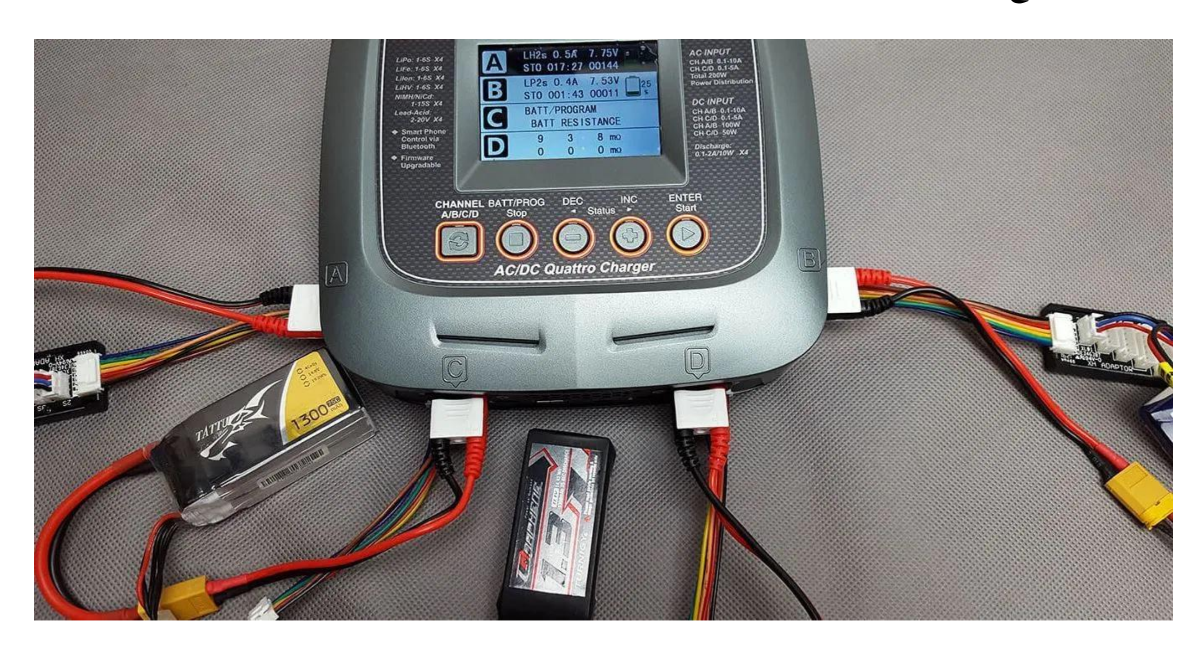
اختار الشاحن بعناية لتجنب هذا الانفجار الخطير :



لا يمكنك فقط استخدام أي شاحن بطارية مع بطاريات ليثيوم بوليمر لديك حيث تحتاج إلى استخدام شاحن متوافق مع LiPo. هذا يرجع إلى حقيقة أن هذه البطاريات لديها العديد من الخلايا التي لديها مجموعة الجهد محددة للغاية كما درسنا سابقا . ومن الجدير ذكره ان هذه البطاريات تصلح لجميع انواع طائرات التحكم عن بعد , واي نظام لاسلكي قد يكون قارب ..الخ

إذا كنت تستخدم شاحنًا عاديًا مع بطارية ليبو ، فسينتهي بك الأمر إلى أن تنفجر ليبو في كرة من النيران انظر الصورة اعلاه : ، لذلك لا تفعل ذلك .

اشكال وانواع شاحن ليبو :









للحصول على الأفضل بشكل عام ، نقترح حاليًا شاحن imax B6 المصغر فيما يلي بعض الاقتراحات التي يمكنك التفكير فيها حسب احتياجاتك. التكنولوجيا غير محدود ، قمنا باختبار العديد من أجهزة الشحن من مختلف الشركات المصنعة نشعر أن هذا الجهاز هو الأفضل عندما تفكر في الأداء وسهولة الاستخدام والسعر.

iMax B6 mini 3.9k هو الشاحن المفضل لدينا وهو الشاحن الوحيد الذي ستحتاج إليه حقًا لأنه قادر على دعم جميع بطاريات LiPo الرئيسية من S2 إلى S6. الشيء الآخر الرائع في B6 mini هو الحجم الصغير لذلك لا يشغل مساحة كبيرة على الإطلاق في صندوق الأدوات. يمنحك استخدام شاحن أكثر تطوراً مثل هذا الشاحن ميزات إضافية تشمل القدرة على تفريغ ليبو إلى وضع التخزين كما أنه لديه القدرة على شحن أنواع أخرى من البطاريات أيضًا. ومع ذلك ، فإن هاتين الميزتين اللتين تميزان هذه الوحدة عن غيرها هما الخيارات لإضافة وحدة wifi حتى تقوم

بتعيين ومراقبة شحنتك من هاتفك الذكي عبر wifi. يمكن توصيل مستشعر درجة الحرارة بالبطارية لضمان مزيد من الأمان حتى يتوقف الشاحن عن الشحن في حالة ارتفاع درجة حرارة البطارية.

شاحن يبو الأساسي اليومي :



إذا كنت تبحث عن شيء رخيص وأساسي لإنجاز المهمة ، فإن SkyRC E3 2.3k هو توصيتنا. قد يكون سعره مناسبًا جدًا ولكن على عكس بعض البدائل الأرخص التي لا داعي للقلق بشأنها ، فهي تشحن بشكل صحيح. أنا شخصيا أستمتع باستخدام هذه الأجهزة لأنك لا تحتاج إلى إعداد أي شيء ، فقط قم بتوصيل البطارية وسيبدأ الشحن. لا حاجة لتحديد عدد الخلايا ، معدل الشحن أو تعيين أي وظائف أخرى. يمكن لشاحن E3 شحن

بطاريات ليبو S2 أو S3 ، ولكن إذا كنت تريد القدرة على شحن ما يصل إلى بطاريات S4 ، يمكنك أيضًا التفكير في شاحن SkyRC E4 1.1k.

قواعد شحن البطارية :

من المهم أن تأخذ علما بهذه القواعد عند شحن بطارية ليبو الخاصة بك

1 - لا تقم أبدًا بشحن البطارية دون مراقبة - من وقت لآخر ، تحقق لمعرفة ما إذا كانت بطاريتك ترتفع درجة حرارتها أو تبدأ في التفريغ ، وإذا توقف الأمر عن الشحن على الفور واتصل بأحد الخبراء على الفور (مثل م.فوزي الازرق) قبل استخدام البطارية مرة أخرى.

2 - لا تقم أبدًا بشحن بطارية تالفة - فلن تشحن إذا كانت (منتفخة) أو بها أي علامات تلف أخرى مرئية.

3 - قم دائمًا بشحن البطارية عند C1 او اقل , تسمح لك العديد من أجهزة الشحن بتعيين معدل الشحن ، على الرغم من أن معظم البطاريات يمكنها دعم معدلات شحن تصل إلى C5 (مما يجعل شحن البطارية أسرع بكثير). من الأفضل دائمًا الشحن 1C أو أقل لأن هذا يعني أن المواد الكيميائية الموجودة في بطاريتك ستكتسب طاقة أبطأ مما يبقيها أكثر استقرارًا ويعني في النهاية أن عمر بطاريتك أطول من حيث دورات الشحن / التفريغ.

4 - حاول شحن البطاريات في مكان مقاوم للحريق ، أو في حقيبة آمنة ليبو. - هذا يضيف فقط طبقة إضافية من الحماية .

5 - تأكد من تعيين عدد الخلايا ونوع البطارية بشكل صحيح على الشاحن لمطابقة عدد الخلايا في البطارية. - هذا ينطبق فقط على أجهزة الشحن الأكثر تقدما.



- بعض الاعتبارات عند شراء شاحن :

هناك بعض المواصفات المهمة التي يجب أن تنظر إليها قبل شراء شاحن بطارية ليبو.

اولا Balance Charging

99 ٪ من أجهزة الشحن Lipo لديها القدرة على أداء الشحن المتوازن. ستقوم هذه العملية بفحص الفولتية لكل خلية على حدة في بطاريتك والتأكد من أنها جميعها لها نفس الجهد. هذا عنصر مهم لمراقبة ما إذا كانت إحدى خلايا الخلايا تزيد أو تنخفض عن نطاق الجهد المطلوب الذي يمكن أن تتضرر به البطارية أو أسوأ من ذلك! لحسن الحظ ، كما ذكرت بشكل أساسي جميع أجهزة الشحن لديها هذه القدرة. مثال على بطارية متصلة بشاحن توازن :



هذا مؤشر جيد على أن الشاحن لديه وظيفة التوازن. إذا قمت فقط بتوصيل الموصل الرئيسي بالشاحن الخاص بك ، فلن يكون للشاحن وظيفة توازن. عند استخدام ازارار التحكم الرئيسية ، يكون الشاحن قادرًا فقط على قراءة الجهد الكلي للبطارية وليس الخلايا الفردية ، لذلك من الأهمية بمكان أن تتحقق من ذلك باستخدام عداد فولت أو جهاز مراقبة البطارية لتجنب أي مشاكل محتملة في بطاريتك. يمكنك أيضًا شراء موازنات منفصلة للبطاريات للتأكد من صحة الفولتية لكل خلية .

ثانيا Cell compatibility

عند شراء شاحن ، يجب أن تفكر في بطاريات LiPo التي يمكن أن تدعمها. ستدعم بعض أجهزة شحن Lipo الرخيصة S2 أو S3 ، حيث سيكون باقي الهواة قادرين على دعم المجموعة الكاملة من S1 إلى S6. أجهزة الشحن ذات المستوى الأعلى الأخرى قادرة أيضًا على موازنة شحن أكثر من ليبو واحد في نفس الوقت.

ثالثا Charging current

تحدد معظم البطاريات معدل الشحن الأقصى على أنه C1 و C 2 وما إلى ذلك ... ومع ذلك ، تحدد معظم أجهزة الشحن معدل الشحن بالأمبير ، لذلك في بعض الأحيان يكون هناك خلط بين هاتين القيمتين. لتحويل معدل شحن البطارية إلى أمبير ، تحتاج ببساطة إلى مضاعفة سعة البطارية حسب تصنيف C. لذلك لنفترض أن لدينا بطارية بقوة 2200 مللي أمبير في الساعة مع معدل شحن يبلغ C2. وبالتالي فإن الحد الأقصى الحالي الذي يمكننا شحنه من هذه البطارية هو 4.4A2.2 = 2 × Ah. وبالمثل ، لنفترض أننا نريد شحن بطارية تبلغ 5100 مللي أمبير في الساعة عند C1 ، والحد الأقصى الحالي الذي سنحتاج إلى ضبطه على الشاحن لدينا هو 5.1 = 1 × Ah 5.1A وهكذا .

رابعا Power Output

جميع البطاريات لديها مستوى معين من انتاج الطاقة ، المعرفة في واط ، وعادة حوالي W50. يمثل هذا الرقم مقدار الطاقة التي يمكن للشاحن توفيرها للبطارية ، وكلما زاد حجمها ، زادت سرعة شحن البطارية. الواط هو نتاج التيار والجهد ، لذلك إذا حافظت على ثبات التيار (قل بقيمة C1 الموصى بها) ، فسوف تستخدم طاقة أكبر مع بطاريات الجهد العالي (عدد الخلايا الأكبر). لذلك وجود المزيد من الطاقة المتاحة بشكل أفضل. لننظر كمثال ، إذا كنا نريد شحن بطارية S 2200mAh3 في C1 ، فسنحتاج إلى استخدام V × 2.2A = 27.72W12.6. إذا كنا نريد شحن بطارية S 5100mAh3 في C1 ، فسوف نستخدم V × 5.1A = 64.26W12.6 وهو في الواقع ما يزيد قليلا عن تصنيف الطاقة القياسية لأجهزة الشحن. لذلك نحن فقط نشحن بطارية mAh5100 لدينا في W / 12.6V = 3.6A50 بافتراض أن لدينا شاحن W50.

خامسا Power Supply

تتضمن بعض البطاريات مصدر طاقة مضمنًا لذا لا داعي للقلق بشأن هذا. ولكن إذا كانت البطارية لا تحتوي على مصدر طاقة ، فستحتاج إلى التأكد من أن البطارية التي تشتريها ستطابق شاحنك من حيث المواصفات ومع ذلك ، فإن الشيء الأكثر أهمية هو التأكد من أن وحدة تزويد الطاقة لديها القدرة الصحيحة (واط). لذا ، إذا كنت تستخدم شاحنًا بقوة 50 واط ، فستحتاج إلى التأكد من أن مزود الطاقة الخاص بك سيكون قادرًا على توفير 50 واط على الأقل من الطاقة للشاحن ، ومع ذلك ، فإن الحصول على شيء يزيد قليلاً هو الأفضل مثل مزود الطاقة 60 واط.



عملية شحن البطارية :

على الرغم من أن كل نوع من أنواع الوشاحن قد يكون له ميزات مختلفة ، إلا أنني سأناقش السمات الرئيسية التي يتم مشاركتها مع جميع أجهزة شحن Lipo حتى تتمكن من الحصول على فكرة أساسية عن كيفية استخدامها. للحصول على تفاصيل كاملة ، من الأفضل قراءة الوثائق المرفقة مع الشاحن. تتطلب بعض أجهزة الشحن البسيطة توصيلها وسوف تبدأ الشحن تلقائيًا.

1 – ادخل كيبل الشحن والتوازن بين الشاحن والبطارية.

2 - حدد وضع LiPo balance charge المناسب على الشاحن.

3 - حدد الجهد وعدد الخلايا المناسبة (C 1مستحسن) (كما تمت مناقشته سابقا) .

4 - ابدأ العملية وتأكد من عدم تركها دون مراقبة أثناء عملية الشحن .



مع اقتراب الخلايا من الحد الأقصى لشحن 4.2 فولت ، سينخفض التيار أبطأ حتى يتوقف في النهاية عند 4.2 فولت لكل خلية.

- الشحن السريع

تتميز بعض أجهزة الشحن بميزة الشحن السريع التي أرى أنها وسيلة للتحايل أكثر من كونها ميزة مفيدة. يتيح لك الشحن السريع توفير وقت طويل عند شحن البطارية لأنها ستتخطى خطوة التوازن. في وضع الشحن السريع ، سوف ينظر الشاحن فقط إلى الجهد الكلي للبطارية ويتوقف قليلاً عن الحد الأقصى لشحن البطارية لأسباب تتعلق بالسلامة (حيث قد لا تكون البطارية متوازنة تمامًا في بداية الشحن). يعد هذا مفيدًا فقط إذا كنت ترغب في الطيران بسرعة! ، لكن

في الواقع هذا لا يوفر الكثير من الوقت على حساب توازن مناسب حتى تحصل على أقصى استفادة من البطاريات ، من الأفضل استخدام تكلفة الشحن دائمًا.

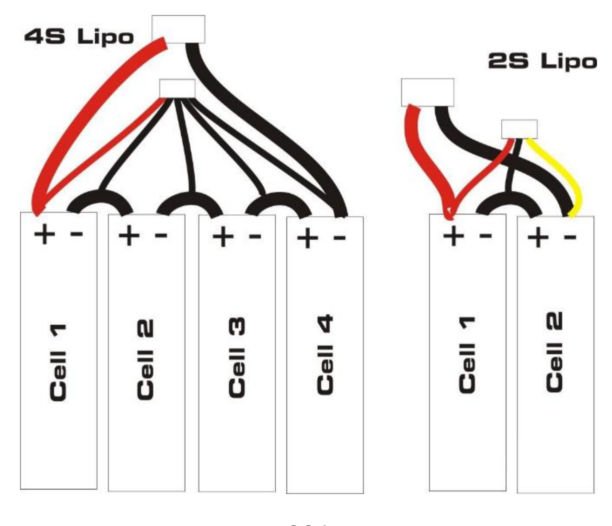
- تخزين البطارية

ميزة أخرى مفيدة لدى بعض أجهزة الشحن هي وضع تخزين Lipo. إذا كنت تتذكر من دليل بطارية Lipo ، فمن الأفضل تخزين البطارية بنسبة تتراوح بين 40٪ و 50٪ او 60% تقريبًا. وبالتالي فإن وضع التخزين على الشاحن الخاص بك سوف يقوم بشحن / تفريغ ليبو الخاص بك تلقائيًا إلى هذا النطاق في كل خلية حتى تتمكن من تخزين البطارية بأمان عندما لا تطير لفترة من الوقت.



ما أقوم به عادة بعد الرحلة ، إذا علمت أنني لن أذهب إلى الطائرة لبضعة أيام ، فسوف أستخدم وضع التخزين على الشاحن الخاص بي لشحن البطاريات إلى النصف. ثم عندما أعلم أنني ذاهب للطيران مرة أخرى ، سأشحن البطاريات بالكامل قبل أن أتوجه إلى الطائرة.

الصورة التالية توضح التكوين الدلخي للخلايا المتعددة للنوعين 2S و 4S وهكذا جميع الخلايا

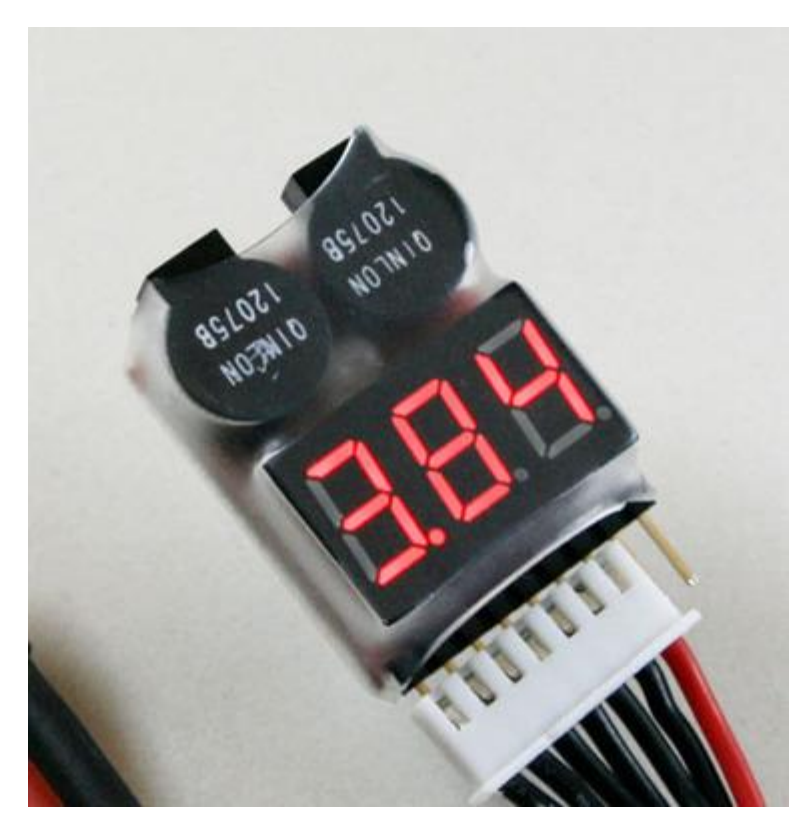


معدات أخرى مفيدة :

فيما يلي معدات تكميلية يجب أن تمتلكها في مجموعة أدوات الطائرات RC .

- انذار مراقبة البطارية Battery Monitor/Alarm

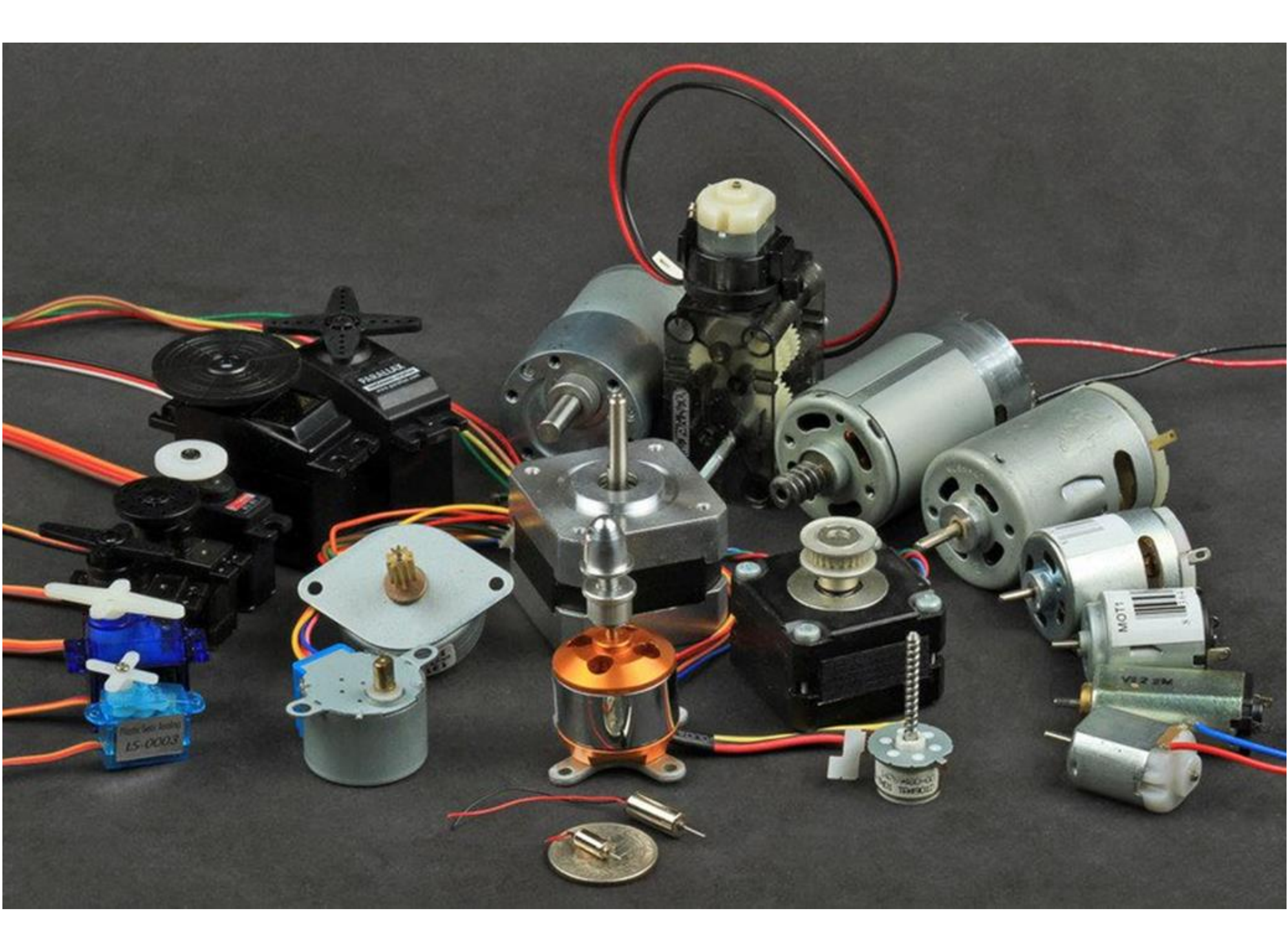
تعتبر شاشة البطارية جهازًا لطيفًا ورخيصًا تقوم بتوصيله مع موازن البطارية , يتم ضبطها على تنبيه عند انخفاض جهد البطارية. لكن البعض مثل إنذار البطارية الموضح بالصورة 408 يتضمن شاشة تعرض لك الفولتية لكل خلية على حدة ، وكذلك الجهد الكلي للبطارية مما يجعلها وسيلة سريعة ومريحة للغاية لفحص جهد البطارية قبل الخروج للطيران .



- حقيبة ليبو الآمنة Lipo Safe bag

هذه أكياس مقاومة للحريق يمكنك استخدامها لتخزين البطاريات ونقلها بأمان. استخدمها دائما أفضل للحفاظ على الأشياء التي حولك آمنة .

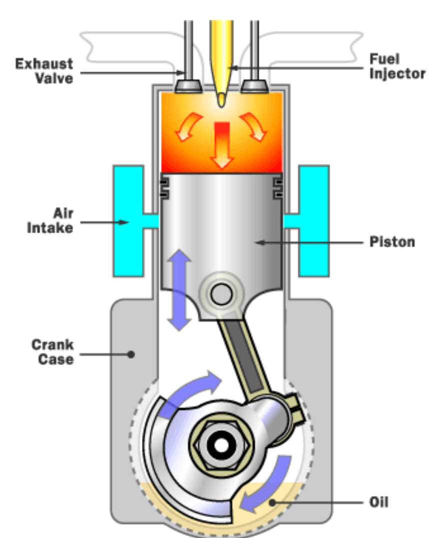
المحركات والمراوح



المحرك قطعة كهروميكانيكية او ميكانيكية متحركة مفعمة في النشاط فهو عنصر هام في الحركة والجزء المسؤول عن دفع الطائرة للأمام , وفي أي لحظة وفي أي مكان لا بد أن تجد بقربك نوعاً أو اثنين من أنواع المُحركات على الأقل. بدءاً من محرك الاهتزاز الموجود في هاتفك النقال إلى المراوح ومشغلات أقراص CD الموجودة في الكمبيوترات والسيارات ، فالمُحركات حولنا في كل مكان. تُمثل المُحركات فرصة لأجهزتنا للتفاعل معنا ومع البيئة. ويختلف تصميم المُحركات وطريقة عملها من محرك إلى آخر نظراً لوجود عدد لا حصر له من التطبيقات التي تستخدم المحركات .

وتقسم المحركات بشكل عام الى نوعين :

النوع الاول المحرك الميكانيكي (Engine) : وهو المحرك الذي يحتاج الى احتراق داخل مكان مخصص يدعى حجرة الاحتراق ليعمل على تحويل الطاقة الكيميائية الى طاقة حرارية بواسطة الاشتعال والانفجار ثم الى طاقة ميكانيكية .ومن أشهر محركات الاحتراق محرك الاحتراق الداخلي (محرك السيارة) ومحرك الاحتراق الخارجي مثل التيربو جيت JET .



وعلى الرغم من ان هذا الكتاب يستهدف المحركات الكهربائية للطائرات لكن اضف لمعلوماتك, طريقة عمل محرك الاحتراق الداخلي الرباعي حسب هذه المراحل:

المرحلة الأولى: وهو (شوط سحب رذاذ الوقود) ويكون المكبس (piston) في وضع النزول لأسفل.

المرحلة الثانية: وهو (شوط الضغط) ويكون المكبس في وضع الصعود لضغط مخلوط الهواء والوقود.

المرحلة الثالثة: وهو (شوط الإشعال)ويكون المكبس وضع النزول لأسفل.

المرحلة الرابعة: وهو (شوط طرد العادم) ويكون المكبس في وضع الصعود.

النوع الثاني المحرك الكهربائي (Motor)



كما درسنا في كتاب اساسيات في الالكترونيات والمستشعرات يتكون المحرك الكهربائي أساسًا من مغناطيس ثابت وموصل متحرك يسمى محور الدوارن . وتتشكل خطوط القوى بين أقطاب المغناطيس وعندما يمر تيار كهربائي خلال الموصل يصبح الموصل مغناطيساً آخر. ويتنافر المجالان المغناطيسيان ويؤدي هذا التنافر إلى دوران محور الدوارن.

يعتمد تشغيل المحرك الكهربائي على ثلاثة مبادئ رئيسية:

1 - يولِّد تيار كهربائي مجالاً مغنطيسيا في العضو الثابت،

2 - يولد تيار كهربائي آخر مجالا مغناطيسيا في ملفات العضو الدوار . يصل التيار الكهربائي الثاني إلى ملفات العضو الدوار عن طريق مبادل كهربائي ذو تقسيمات توزع التيار المستمر.

3 - يتجاذب المجالان المغناطيسيان أو يتنافرا فتحدث حركة العضو الدوار .

حسنا , بشكل عام المعاير التي بناءا عليها يتم اختيار المحرك الكهربائي للطائرات او للتطبيقات بشكل عام هي ما يلي :

1 – سرعة دوران المحرك في الدقيقة RPM

2 – وزن المحرك وحجمه

3 – عزم الدوران Torque

4 – التأثر في درجة الحرارة – المحرك مثل البطارية فهو معرض للحرارة والتلف !

5 - الثمن

6 – الدقة , تحديد عندما يتم ربطه مع المتحكمات الالكترونية وقطعة ESC

7 – استهلاك التيار الكهربائي

8 – امكانية التحكم بواسطة متحكمات الكترونية – بعض المحركات تحتاج الى معدات خاصة

9 – توفره في الاسواق وقطع الغيار

والآن هيا نبدأ دراسة وتفصيل المحركات الكهربائية وخصائصها المختلفة :

▪ محركات التيار المستمر ذات الفُرَش (DC Brush Motors)

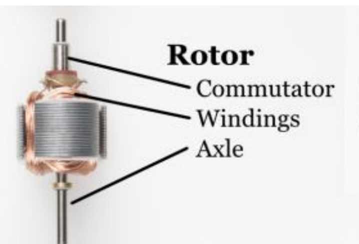
محركات التيار المستمر ذات الفرش هي أحد أكثر أنواع المُحركات بساطة وسهولة في الاستخدام. هذه المُحركات واسعة الانتشار ويُمكنك رؤيتها في أي مكان. فهي تُستخدم في الأجهزة المنزلية والألعاب والسيارات الصغيرة. بسبب كون هذه المحركات سهلة التركيب والتحكم فهي تمثل الحل الأمثل والأسهل للمحترفين والهواة على حد سواء.

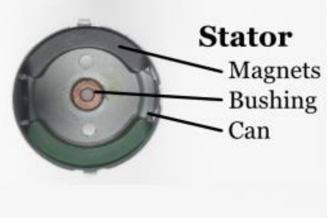
- تركيب المُحرك ذو الفُرش

لفهم كيفية عمل وتركيب هذا النوع من المحركات دعونا نبدأ بتفكيك مُحرك هواة بسيط. يُمكنك الآن أن ترى بنفسك مدى بساطة تكوين هذا المُحرك، فهو لا يضم سوى القليل من المكونات الرئيسية.









الفُرش :(Brushes) تقوم بنقل الطاقة من نقاط الاتصال إلى الجزء الدوار (Rotor or Armature)من خلال المُبدل.

نقاط الاتصال :(Contacts) تقوم بنقل الطاقة من مصدر الطاقة إلى الفُرش.

المُبدل :(Commutator) يقوم بنقل الطاقة إلى مجموعة اللفات التي يجب أن يصل إليها التيار أثناء دوران الجزء الدوار.

اللفات :(Windings) تقوم بتحويل الكهرباء إلى مجال مغناطيسي يعمل على تحريك المحور.

المحور :(Axle) يقوم بنقل الطاقة الميكانيكية من المُحرك إلى التطبيق الخاص بالمستخدم.

المغناطيسات :(Magnets) تقوم بتوفير المجال المغناطيسي الذي تتجاذب أو تتنافر معه اللفات.

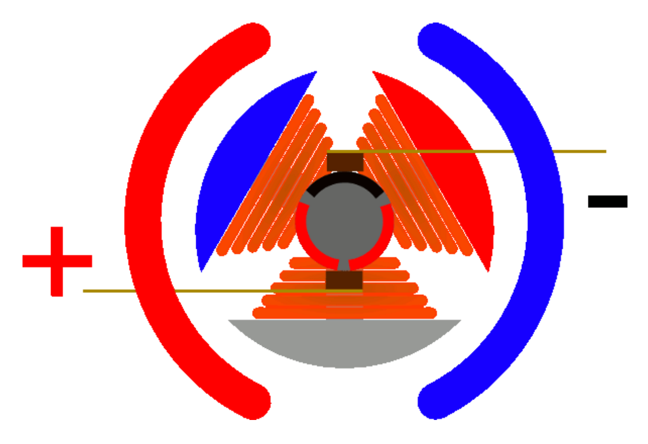
بطانة معدنية :(Bushing) تقليل الاحتكاك الحادث للمحور.

علبة :(Can) تمثل غطاء ميكانيكي للمُحرك بأكمله.

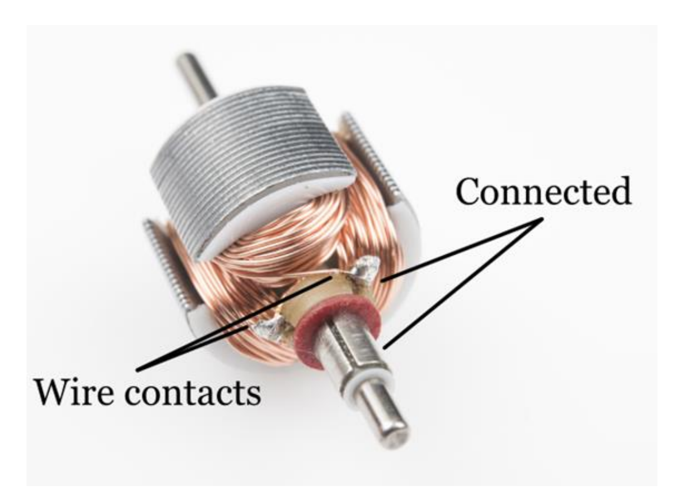
الجزء الساكن :(Stator) جزء ثابت لا يتحرك، ويشمل العلبة والمغناطيسات والبطانة المعدنية.

الجزء الدوار (Rotor): الجزء الذي يقوم بالدوران، ويشمل المحور واللفات والمُبدل.

- نظرية العمل



عندما يتم توصيل الطاقة إلى اللفات فإنها تتجاذب مع المغناطيسات الموضوعة على جوانب المُحرك. وهذا يؤدي إلى دوران المُحرك إلى أن تتصل الفُرش مع مجموعة أخرى من نقاط الاتصال الخاصة بالمُبدل. مما يؤدي إلى توصيل الطاقة إلى مجموعة جديدة من اللفات، وبالتالي تبدأ العملية مرة أخرى. ولعكس اتجاه دوران المُحرك كل ما عليك هو عكس قطبية التيار المُوصل إلى نقاط الاتصال الخاصة بالمحرك. يتم إنتاج شرارات (Sparks) داخل المُحركات ذات الفُرش أثناء انتقال الفرشة من نقطة اتصال إلى نقطة الاتصال التي تليها. ويتم توصيل كل سلك من أسلاك الملف (coil) إلى أقرب نقطتي اتصال على المُبدل. دائماً يتم استخدام عدد لفات فردي لمنع المُحرك من الدخول في الوضعية المستقرة (steady state). وفي المُحركات الكبيرة يتم استخدام عدد أكبر من اللفات للقضاء على ما يُعرف بال "cogging"، مما يجعل التحكم في المُحرك سلساً عندما يكون عدد الدورات في الدقيقة (RPM) منخفضاً. يُمكن ملاحظة ظاهرة الـ cogging بسهولة عن طريق تدوير محور المُحرك باليد، وعندها ستشعر بما يشبه المطبات (bumps) في حركة المُحرك عندما تكون المغناطيسات في أقرب مكان مُمكن من الجزء الساكن. من الممكن القضاء على الـ Cogging



باستخدام بعض الحيل في التصميم، ولكن الوسيلة الأكثر شيوعاً هي التخلص من الجزء الساكن بأكمله، وهذه المُحركات يُطلق عليها ironless motors أو coreless motors.

- المُميزات :

1 - سهولة الاستخدام

2 - عزم دوران ممتاز عندما يكون عدد الدورات في الدقيقة منخفضاً.

3 - رخص الثمن والانتاج بكميات كبيرة.

- العيوب:

1 - إمكانية تلف الفُرش مع مرور الزمن.

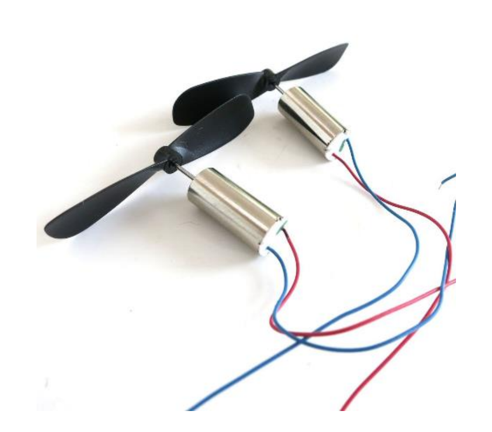
2 - الشرارات الناتجة من الفُرش مُمكن أن تسبب ضوضاء كهرومغناطيسية (electromagnetic noise)

3 - عادة تكون سرعته محدودة بسبب ارتفاع درجة حرارة الفُرش .

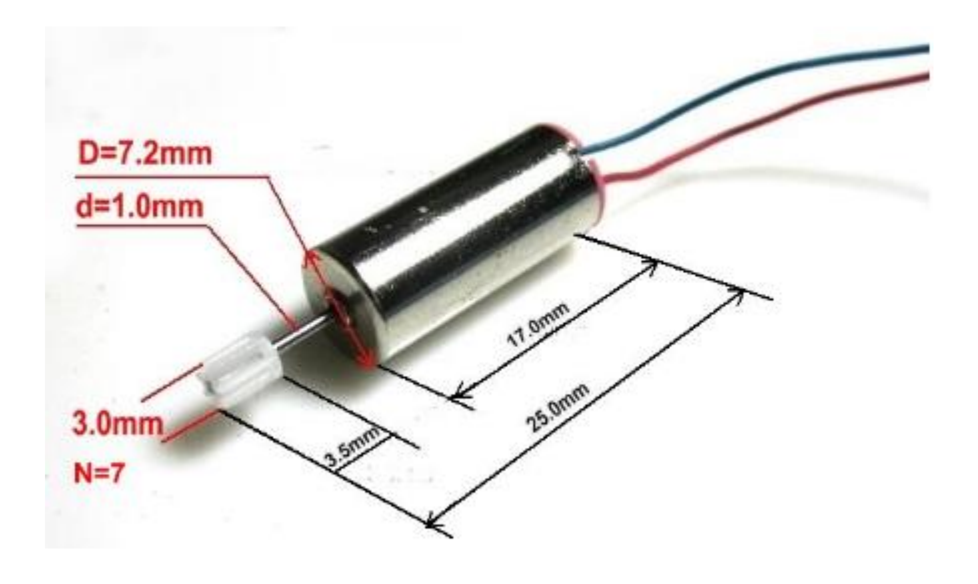
بالرغم من ان هذا المحرك لا نحب استخدامه الا ان هناك بعض استخدامات وانواع هذا المحرك المستخدام في طائرات التحكم عن بعد :

1 – ذيل طائرة الهيلكبوتر





المحرك اعلاه صغير وخفيف الوزن , انظر ابعاده :



2 – بناء طائرات رباعية صغيرة (ذات امكانيات قليلة)



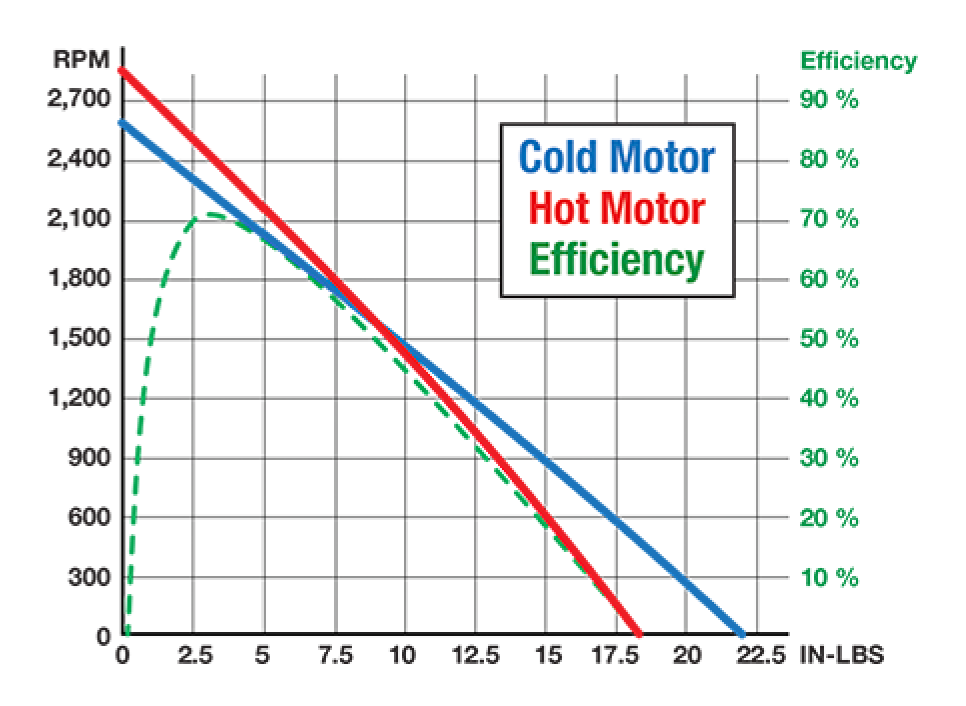


3 – محرك اساسي لطائرة الهيلكبوتر



ويوجد الكثير من التطبيقات لهذا المحرك سوف نتعلم قريبا كيف نختاره . حسنا , الى الآن لم ندرس اي من خصائص المحركات الكهربائية فيما يتعلق بالطائرات !, سوف ندرس المحرك التالي ثم ننتقل الى عملية اختيار المحرك حسب عدة عوامل مؤثرة ومحددات مختلفة .

- تأثير درجة الحرارة على محركات التيار المستمر



من منحنى عزم الدوران السرعة للمحرك DC. وبالنظر عن كثب ، يمكننا أن نرى ظاهرة مثيرة للاهتمام مع منحنى المحرك الساخن. مع ارتفاع درجة حرارة المحرك ، يقل العزم. هذا بسبب تأثير الحرارة على المغناطيس.

يمكن استخدام Brushless DC و DC Motors مع متحكم لضبط سرعة المحرك لتجنب ارتفاع درجات الحرارة .

- جدول اختيار محركات DC Brush Motors

يتم عرض خصائص عزم الدوران / السرعة النموذجية لكل حجم محرك أدناه للرجوع اليها عند اختيار محرك :

.

	Rated Voltage (V)	Voltage Range (V)	Rated Load (mNm)	Starting Torque (mNm)	Rated Load Speed (rpm)
PYN13	3.0	0~4.0	0.1 (1gf.cm)	0.4	17,900
PNN3	1.5	0~3.0	0.03 (0.3gf.cm)	0.09	8,200
PNN7	1.5	0~3.0	0.1 (1gf.cm)	0.23	5,600
PNN13	3.0	1.0~4.0	0.15 （1.5gf.cm)	0.5~0.6	8900~12000
PKN 7	2.0	0~4.5	0.2 (2gf.cm)	0.4~0.6	3790~7050
PKN12	3.0	0~4.5	0.2 (2gf.cm)	0.63~0.9	7250~10540
M1N6	3~5	1.0~6.0	0.2~0.3 (2~3gf.cm)	0.67~2.07	5980~15600
M 1 N10	2~5	0.5~8.0	0.2~0.3 (2~3gf.cm)	0.78~1.90	3010~11220

	Rated Voltage (V)	Voltage Range (V)	Rated Load (mNm)	Starting Torque (mNm)	Rated Load Speed (rpm)
PPN 7	2.5~6.0	1.0~7.5	0.1~0.5 (1~5gf.cm)	0.68~2.88	2600~11600
PPN13	2.0~9.6	1.0~11.0	0.2~1.47 (2~15gf.cm)	1.37~4.08	2700~9700
PWN10	6.0~12.0	5.0~12.0	1.96 (20gf.cm)	5.2~9.5	4870~8400
PAN14	12.0	9.0~14.5	10.0 (102gf.cm)	35.40	9,730
MXN13	6.0~12.0	3.0~14.0	2.9~4.9 (30~50gf.cm)	8.83~13.73	1900~4520
MDN1	2.0	0.7~6.0	0.29 (3g.cm)	0.8~1.1	1360~2250
MDN2	2.0~5.0	0.7~6.0	0.39~1.47 (4~15g.cm)	1.2~2.8	2750~2900
MDN3	2~3	0.7~6.0	0.39 (4gf.cm)	1.2~2.8	1480~2590

- المُحركات الخالية من الفرش (Brushless DC Motor)

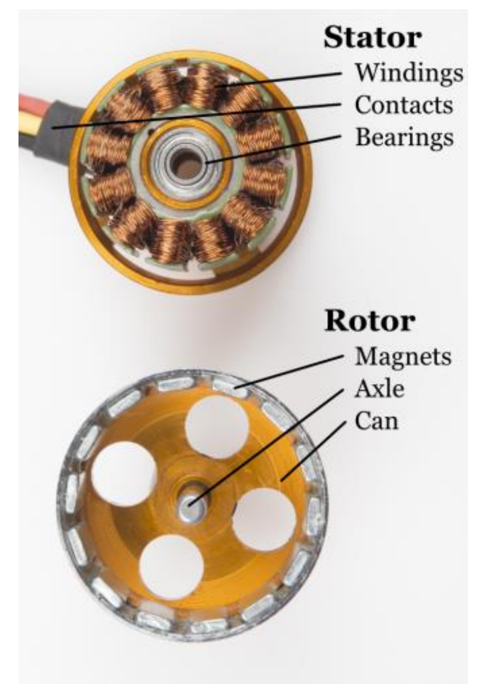


بدأت المُحركات الخالي من الفرش في غزو أسواق الهواة سواء في صناعة المركبات الأرضية أو المركبات التي تطير. لقد كان التحكم في هذه المُحركات يُمثل عقبة كبيرة إلى أن أصبحت المُتحكمات الدقيقة (microcontrollers) رخيصة وقوية بالشكل الكافي للقيام بتلك المهمة. وما زال هناك عمل يجري حالياً لتطوير مُتحكمات أسرع وأكثر كفاءة لتحرير القدرات المذهلة لدى تلك المُحركات. فبدون فُرش مُعرضة للتلف تستطيع تلك المُحركات توفير المزيد من القوة بينما تعمل في صمت وسكون. ومعظم الأجهزة الكهربية والمركبات الراقية تتحول حالياً إلى استخدام أنظمة المُحركات الخالية من الفرش. ومن الأمثلة الجديرة بالذكر على ذلك سيارة تسلا طراز إس (Tesla Model S) , وهذا هو المحرك الأمثل بناء طائرتك وسوف نقوم بدراسته مفصلا.

- تركيب المُحركات الخالية من الفُرش



لفهم تركيب المُحركات الخالية من الفرش وكيفية عملها دعونا نقوم بتفكيك أحدها. هذا النوع من المُحركات يوجد بكثرة في الطائرات.



اللفات (Windings): تقوم بتحويل الكهرباء إلى مجال مغناطيسي يعمل على تحريك الجزء الدوار.

نقاط الاتصال (Contacts): تقوم بنقل الطاقة من مصدر الطاقة إلى اللفات.

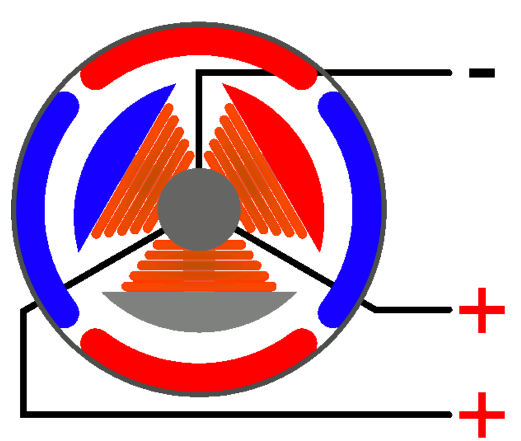
المحامل (Bearings): تقوم بتقليل الاحتكاك الحادث للمحور.

المغناطيسات (Magnets): تقوم بتوفير المجال المغناطيسي الذي تتجاذب أو تتنافر معه اللفات.

المحور (Axle): يقوم بنقل الطاقة الميكانيكية من المُحرك إلى التطبيق الخاص بالمستخدم.

في هذه المحركات يكن الجزء الثابت هو الذي يحتوي على الملف والجزي المُتحرك هو الذي يحتوي على المغناطيسات الدائمة (عكس المُحركات ذات الفرش)

- نظرية العمل



آلية عمل المُحركات الخالية من الفرش بسيطة للغاية. الجزء الوحيد المُتحرك هو الجزء الدوار (rotor) والذي يتضمن المغناطيسات. أما الجزء الأصعب فهو كيفية تنظيم تسلسل توصيل الطاقة إلى اللفات. يتم التحكم في قطبية كل لفة عن طريق التحكم في اتجاه سريان التيار. وتوضح لنا الصورة المتحركة نمطاً بسيطاً يُمكن أن تتبعه أجهزة التحكم. فالتيار المتردد (Alternating Current) يقوم بتغيير القطبية مانحاً كل لفة تأثير "دفع/ جذب". والجزء المهم هنا هو جعل هذ النمط متزامناً مع سرعة دوران الجزء الدوار.

هناك طريقتين يُستخدمان على نطاق واسع للقيام بذلك الأمر: الأولى هي التي يتم استخدامها في مُعظم مُتحكمات الهواة والتي تقوم بقياس القوة الدفاعة الكهربية العكسية (back EMI) في اللفة الغير مُزودة بالطاقة. هذه الطريقة فعالة للغاية في السرعات العالية، لكن عند دوران المُحرك بسرعة قليلة يُصبح الجهد الناتج أصعب في القياس وبالتالي تحدث الكثير من الأخطاء.

النوع الثاني هو مُتحكمات الهواة الأحدث والعديد من المُتحكمات المستخدمة في الصناعة والتي تعتمد على مستشعرات تأثير هول (Hall effect sensors) لتحديد مواضع المغناطيسات بشكل مُباشر.

- المُميزات

1 - ذات قوة تحمل عالية

2 - ذات سرعة عالية

3 - عالية الكفاءة

4 - تُنتج بكميات كبيرة ويسهل العثور عليها

- العيوب

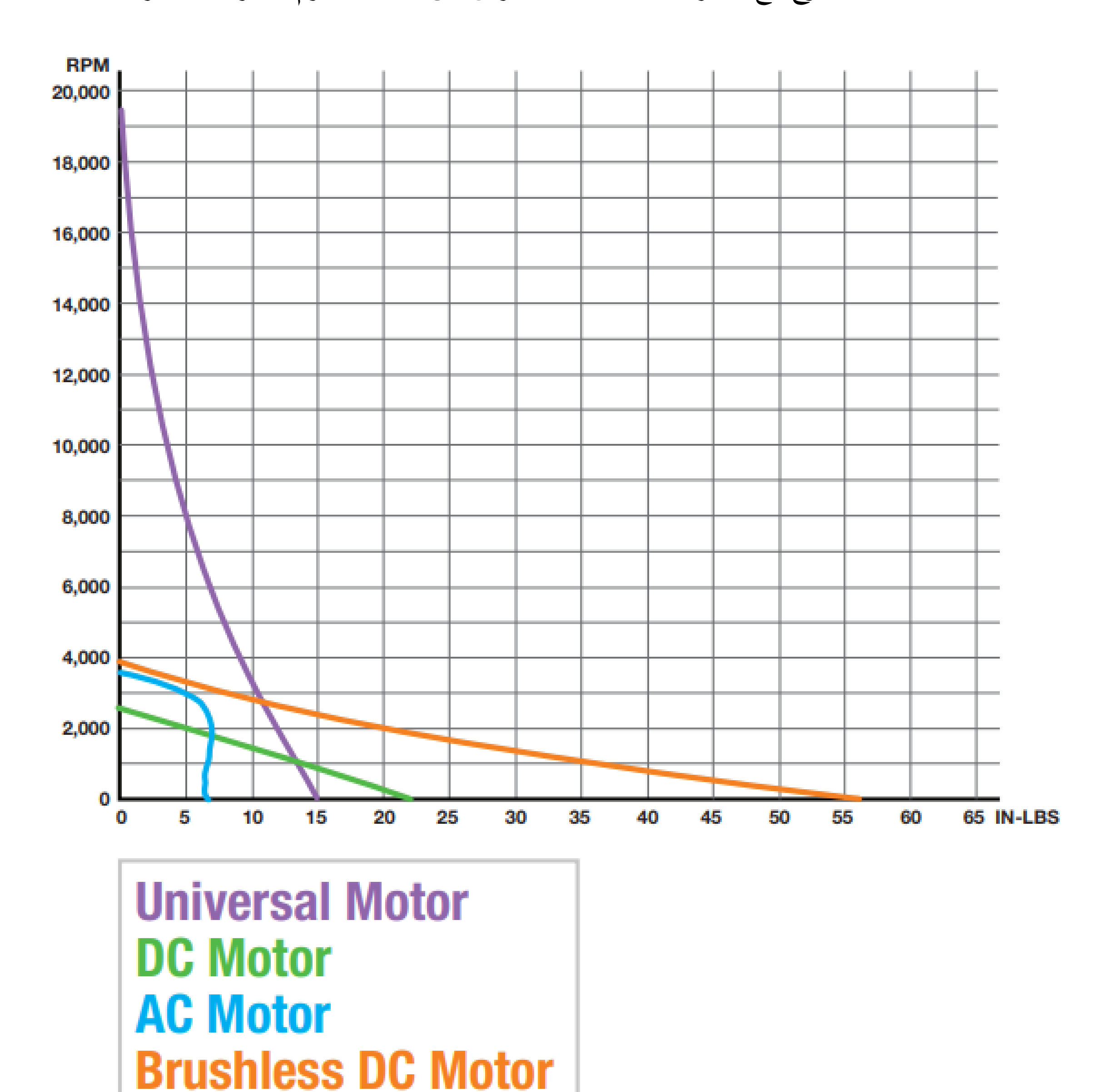
1 - يصعب التحكم بها بدون وجود مُتحكمات خاصة

2 - تتطلب أحمال تبدأ بشكل منخفض

3 - في العادة تتطلب صندوق تروس (Gear Box) خاص لإدارة الحركة للتحكم في السرعة والعزم

- منحنى تفاوت عزم المحركات مع سرعة المحرك

الآن دعنا نقارن هذا النوع مع محركات DC ذات الفرش من حيث العزم وسرعة المحرك :



انه مذهل اليس كذلك ؟ يعطي RPM اكثر من محركات ال DC الذي سبق درسناه وعزمه مرتفع جدا .

- معايير المحرك Motor Standards



الآن سوف تختار محرك بلا فرش (Brushless DC Motor) الذي يناسب طائرتك واريد ان يصبح هذا المحرك النموذج المثالي لبناء الطائرة **الافقية والهيليكوتر والدرون** , لن نستخدم في هذا الكتاب محركات ال DCذات الفرش , ولكن سوف نتحدث عنها قليلا في درس متحكمات السرعة

حسنا , ان اختيار محرك Brushless له العديد من المعايير التي ينبغي علينا الاطلاع عليها وذلك لتحديد سرعة الطائرة ووزن الطائرة , وكما قلنا سابقا ان اختيار بطارية LIPO يعتمد بشكل كبير عن نوع المحرك , عموما يوجد اكثر من طريقة لاختيار المحرك , يوجد معايير وضعتها الشركات لتقدير الحمولة المتوقعة لوزن الطائرة سوف ندرسهم , وايضا يمكننا الاطلاع على معلومات المحرك فان الشركات المصنعة تضع لنا كم يمكن لهذا المحرك ان يرفع اجمالي الوزن

(وزن المحرك + الهيكل + المعدات الداخلية + امور اضافية) , ويجب اخذ عامل أمان لوزن الطائرة وذلك لنتمكن من الطيران بطريقة سريعة وقوية , مثلا لو كان محرك الطائرة يستطيع رفع وزن 2 كغ , نحن نصمم وزن الطائرة بحيث يكون 1 كغ حتى تكون الطائرة في أفضل حال وقوة في العزم وسرعة في التحليق . والآن دعونا ندرس المعايير :

- Voltage Constant ثابت الجهد

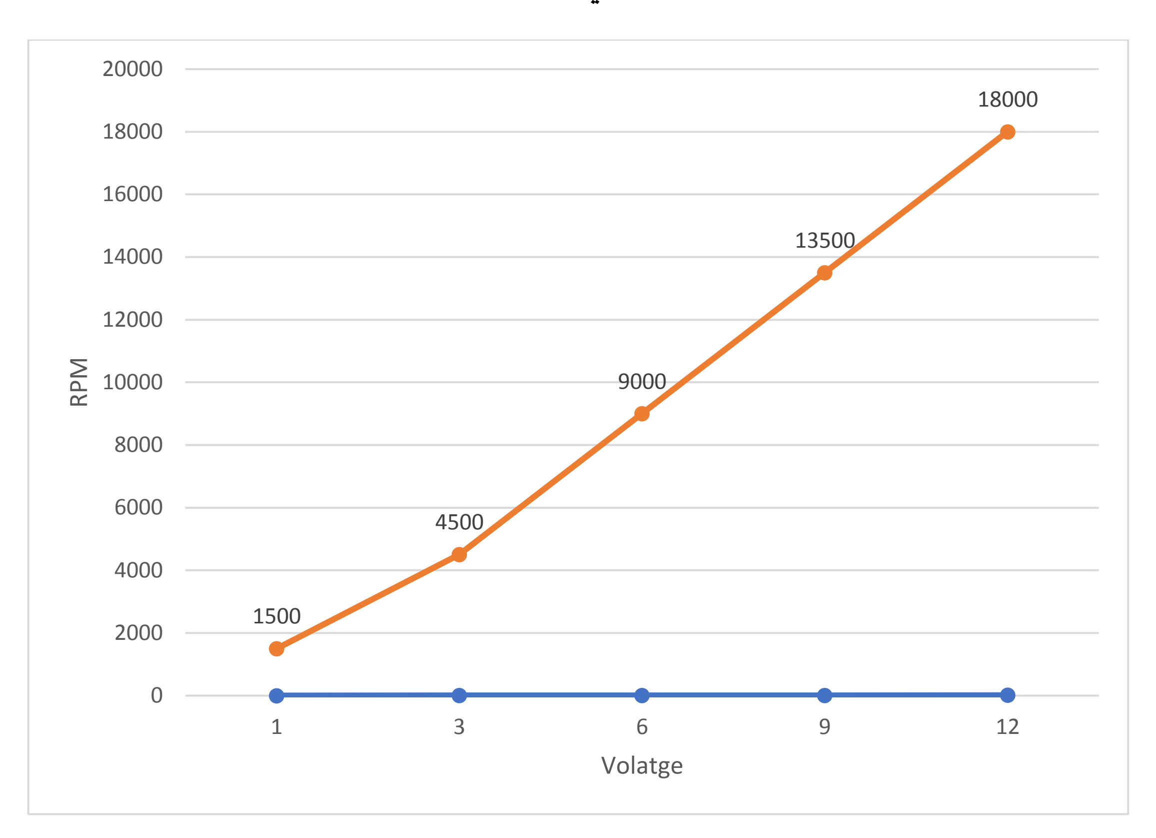
Kv هو "ثابت الجهد". هذا هو عدد دورات المحرك في الدقيقة. في الواقع ، عمليا انه أقل لأن المحركات ليست كفائتها بنسبة 100٪.

على سبيل المثال ، إذا قمت بتطبيق 12 فولت على محرك Kv200 ، فسيتم تشغيله (12 × 200) 2400 دورة في الدقيقة.

في هذا الجدول سوف نقوم بعمل دراسة لعدد الدورات حسب قيم جهود مختلفة لمحرك kv1500 :

Volt Inlet	Equation	RPM
1	1*1500	1500
3	3*1500	4500
6	6*1500	9000
9	6*1500	13500
12	12*1500	18000

وعند تمثيل البيانات نحصل على المنحنى التالي:



أي كلما زدنا الجهد حصلنا على سرعة دورانية أكبر . وإذا كنت تستخدم محرك KV قليل ، فاستخدم المروحة ذات القطر الأكبر وإذا كنت تستخدم محرك KV عالي ، استخدم المروحة ذات القطر الصغير.

- Torque Constant ثابت عزم الدوران

Kt هو "ثابت عزم الدوران". لجميع المحركات ، Kt= 1355/Kv يعني ذلك أن المحرك يدور بسرعة أكبر لجهد معين (Kv) الانخفاض في العزم هو Kt .

- الطاقة Power

يمكن قياس الطاقة Power بالواط. لاحظ أن 1 حصان = 746 واط. ويمكن تحديد عدد الواط بواسطة المعادلة التالية :

Watts=Volts x Amps

يمكن العثور على متطلبات الطاقة لطائرة RC ، باستخدام الوزن الكلي لطائرة RC.

وهو نظام ستاندرد يمثل في الجدول التالي :

المستوى الأدنى لأداء معقول. محصورة في طائرات RC الداخلية المحملة بشكل خفيف وطائرات الحدائق الصغيرة.	50-70 watts/ pound
طائرات RC المبتدئين وطائرة بطيئة نسبيا لنموذج الطيران	70-90 watts/ pound
الطائرات الرياضية والبهلوانية السريعة	90-110 watts/pound
الطائرات المتقدمة والسرعات العالية	110-130 watts/pound
الطائرات ثلاثية الابعاد – تلك التي تشبه الطائرة الحقيقية لكن مصغرة	130-150 watts/pound
طائرات ثلاثية الأبعاد غير محدودة الأداء	150-200+ watts/pound

ملاحظة : أن هذه الإرشادات تأتي من شركة E-Flite وتستند إلى معايير المحركات الكهربائية E-Flite RC.

مثال ايجاد مدخلات واط / رطل watts/pound المطلوبة لتحقيق الأداء المطلوب.

يقدر إجمالي وزن طائرة مع البطارية: 9.0 رطل ونريد استخدام المعيار الثالث من الجدول اعلاه

(average 100) 110-90

نقوم بضرب الوزن مع اجمالي عدد الواط المطلوب :

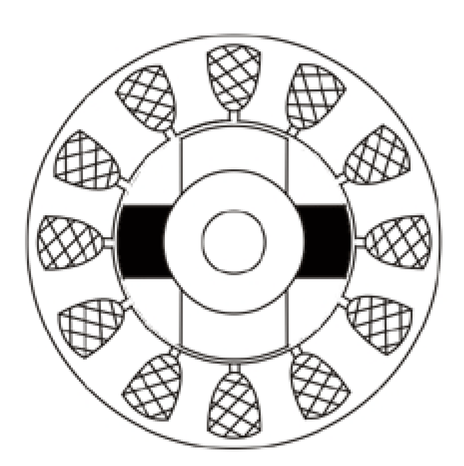
9.0 lbs x 100 watts=900

اذن ان 900 واط هي الحد الادنى الذي نبحث عنه لتصميم طائرتنا , وعند شراء المحرك يجب ان يكون عالاقل يعمل على 900 واط

- Inrunner or outrunner Motors التصميم الداخلي والخارجي

التصميم الداخلي الدوار Inrunner

في تصميم الدوار الداخلي ، يقع الدوار فييحيط مركز المحرك والجزء الثابت المتعرج بالدوار. نظرًا لأن الدوار يقع في القلب ، فإن مغناطيس الدوار لا يعزل الحرارة داخل الداخل ويتسرب الحرارة بسهولة. ولهذا السبب ، فإن المحرك المصمم بدوار داخلي ينتج كمية كبيرة من عزم الدوران ويستخدم بشكل صحيح.



Inner Motor

يعد التصميم الداخلي أكثر كفاءة وقوة ، لكنهم بحاجة إلى صندوق تروس لدفع المراوح الكبيرة. أنها تنتج دورات عالية لكل فولت (Kv) مقارنة مع الخارجين. يتم استخدام علبة التروس هناك

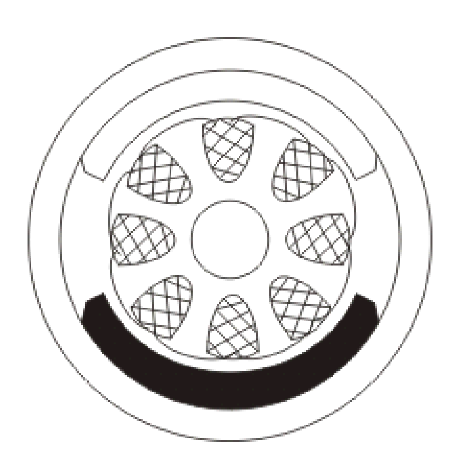
المزيد من إيجابيات وسلبيات. تعد علب التروس نفقة إضافية وتتطلب صيانة ويمكن أن تكون صاخبة ، لكنك ستستمر في الحصول على أفضل كفاءة وقوة مع وجود محرك كبير موجه يدور بشكل كبير.

تصميم الدوار الخارجي outrunner

في تصميم الدوار الخارجي ، يحيط الدواراللف الذي يقع في قلب المحرك. تقوم المغناطيسات الموجودة في الدوار بفخ الحرارة داخل المحرك ولا تسمح بالتبدد من المحرك. يعمل هذا النوع من المحركات المصممة في تيار تصنيف منخفض وله عزم دوران منخفض للضغط.

عمومًا ينتج الدوار الخارجي دورات أقل في الدقيقة عند عزم الدوران العالي مقارنةً بالداخلي نظرًا للطريقة التي صنعوها. يمكّن ان يعمل بدون علبة تروس.

هذا يعني عدم وجود صيانة وتشغيل أكثر هدوءًا وسعر شراء أرخص (بدون علبة تروس). هذه العوامل تفوق الكفاءة العالية والمرونة



Outer Motor

- الابعاد والوزن Dimensions and weight

بالتأكيد ان ابعاد المحرك يجب ان تتناسب مع الطائرة خصوصا في قاعدة الهيكل المخصصة لتركيب المحرك , وتذكر دائما ان المحرك يرتفع حرارته كثيرا اثناء الطيران , تجنب استخدام مواد تثبيت تنصهر عن درجات حرارة قليلة مثل السيلكيون . وزن المحرك يجب حسابه مع وزن الطائرة الاجمالي .

مثل نريد بناء طائرة درون (لها معايرها الخاصة) باستخدام 4 محركات حيث ان كل محرك حسب المواصفات يستطيع رفع 1300 جرام .

الوزن الكلي الذي يمكن رفعه بالمحركات الأربعة

1300 جرام × 4 = 5200 جرام

أي 5 كيلو و 200 جرام هو الوزن القادرة تلك المحركات على حمله عند السرعة القصوى ولكن ذلك سيؤدي إلى سحب تيار عالي من البطارية وستفرغ في سرعة، لذلك نقوم بقسمة الناتج على 2 لتخفيف الأحمال و زيادة زمن الطيران .

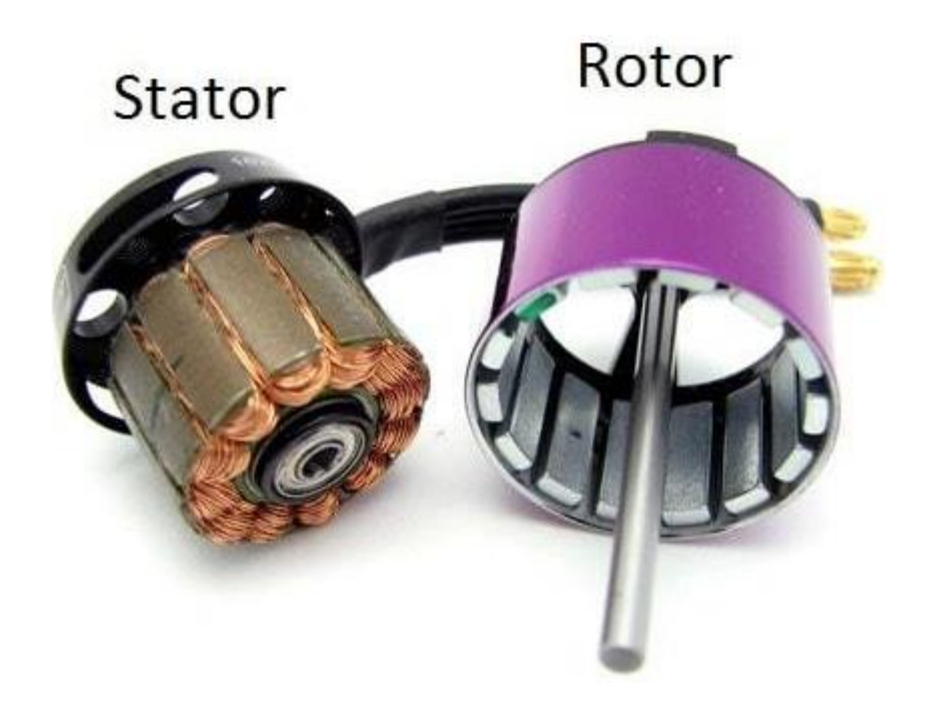
5200 جرام ÷ 2 = 2600 جرام

إذاً 2 كيلو و 600 جرام هو الوزن الكلي الذي يمكن للمحركات رفعه، فإذا فرضنا أن مجموع مكونات أجزاء الطائرة مع الهيكل هو 1500 جرام:

(الحمولة القصوى) 2600 جرام – (وزن الهيكل) 1500 جرام = 1100 جرام

- Motor Size

هناك جزئان رئيسيان لمحرك بدون فرش يسمى الجزء الثابت stator والدوار rotor . وتظهر الصورة أدناه الجزئين :

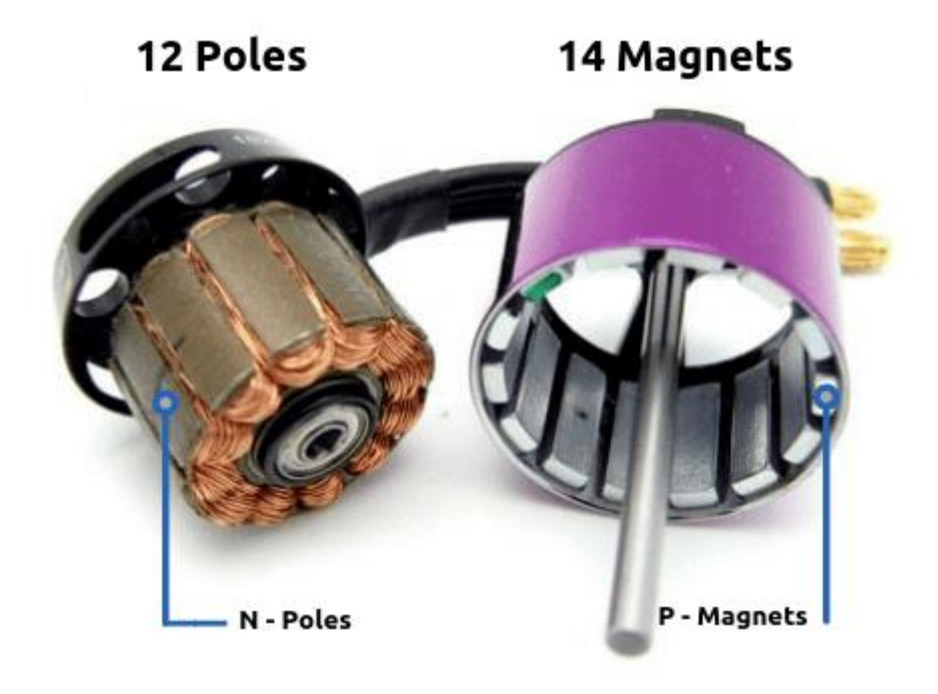


الجزء الثابت هو الجزء الثابت للمحرك (اللفات) والدوار هو الجزء الدوار من المحرك (الجرس مع المغناطيس). أيضا هناك الكثير من العناصر البسيطة الأخرى مثل bearings, coil, magnets, shafts ... الخ

يعتمد حجم المحرك على حجم الجزء الثابت (القطر والارتفاع) .. على سبيل المثال ، إذا كان sizeالمحرك عند شراؤه يوجد الرقم 2202 ، فهذا يعني أن الجزء الثابت يبلغ 22 ملم وعرضه 07 ملم .

- الرقمين N و P

محرك xx22 أو xx23 النموذجي سوف يحتوي على 12 عمودًا و 14 مغناطيسًا. سيتم الإشارة إلى هذا الرقم بشيء مثل P14N12. كما هو موضح في الصورة ادناه ، توجد الأعمدة poles على الجزء الثابت ويوجد المغناطيس الدائم في دوار المحرك.



حيث يلعب المغناطيس الموجود في المحرك دورًا مهمًا في تحديد مدى قوة المحرك , سيكون للمحركات الرخيصة مغناطيسات أضعف وتنتج قوة دفع أقل بالمقارنة مع محرك باهظ الثمن والذي سيكون به مغناطيسات أكثر قوة.

ويتم تصنيف المغناطيس المستخدم في المحركات بدون فرش على أساس القوة المغناطيسية مثل N52، N54 ، إلخ ، كلما كان المجال المغنطيسي أكثر قوة كان المحرك افضل .

- مواصفات المحركات التجارية

حسنا ربما الأمر صعبا قليلا ولكن يوجد الكثير من المعادلات المهمة التي يجب الاطلاع عليها في الملحق حتى يكون تصميمك نموذجي , سوف ندرس الآن تفاصيل المحركات التي سوف نشتريها , حتى يكتمل فهمنا لاختيار المحرك .

	المحرك GH2217-06

عندما تبحث في الانترنت على حركات بلا فرش ستجد النوع اعلاه ويتوفر منه 3 اصدارات , هيا ندرس ما هي الخصائص التي توفرها الشركات لهواة طائرات التحكم عن بعد :

	GH2217-06	GH2217-07	GH2217-09
Lipo Count	3s (11.1v)	3s (11.1v))	3s (11.1v)
RPM per volt	1500 kv	1200 kv	950 kv
Current Capacity	20A / 60 sec	20A / 60 sec	20A / 60 sec
Max Watts	250W	250W	250W
Dimension:	27.5 x 34mm	27.5 x 34mm	27.5 x 34mmm
Weight:	73g / 2.59oz	73g / 2.59oz	73g / 2.59oz
Shaft Diameter	4.0mm	4.0mm	4.0mm
Recommended ESC:	GH-30A	GH-30A	GH-30A
Recommended Prop	(3S - 11.1V) - 8 x 4	(3S - 11.1V) - 8 x 4 or 9 x 5 with thorttle mangement	(3S - 11.1V) - 10 x 6
Recommended Model Weight:	(300g - 1000g) (10.5oz - 35oz)	(300g - 1000g) (10.5oz - 35oz)	(300g - 1000g) (10.5oz - 35oz)
Style of Flying	Warbird / Faster	Aerobatic	3D

يمكننا القول حقا ان الشركات ساعدتنا كثيرا في التخلص من اعباء المعادلات والاخطاء التي يمكن ان نقوم بها , من الجدول اعلاه نلاحظ الكثير من المعلومات الهامة وهي ما يلي :

Lipo Count	تقول الشركة ان هذا المحرك يحتاج الى بطارية ليبو ذات 3 خلايا , اذا لتجربة هذا المحرك
RPM per volt	اقصى عدد دورات في الدقيقة للمحرك
Current Capacity	التيار / دقيقة
Max Watts	الواط
Dimension	الابعاد
Weight	وزن المحرك
Shaft Diameter	قطر محور الدوران
Recommended ESC	قطعة التحكم الالكتروني التي توصي بها الشركة (سوف ندرسها لاحقا)
Recommended Prop	المروحة الموصى بها ,
Recommended Model Weight	الوزن المثالي للطائرة , ولكن نحن نفضل أخذ المتوسط , هنا مثلا نفضل تصميم الطائرة بوزن 500 غرام
Style of Flying	تصنيف الطائرة الموصى به

هل رأيت ؟ ان الأمر سهل لا يتطلب منك الا القليل من الخبرة , ومع ممارسة هذه الهواية ستصبح قادرا على تخيل الارقام اعلاه بصورة افضل وتصميم افضل الطائرات لتكون دائما الفائز في هذه الهواية .

لناخذ مثالا على محرك أكبر



المحرك GH4130-07 Outrunner Brushless

النوع اعلاه ويتوفر منه اصداراين , هيا ندرس ما هي الخصائص التي توفرها الشركات لهواة طائرات التحكم عن بعد :

	GH4130-06	GH-4120-07
Lipo Count	4s - 6s - (14.8v - 22.2v)	4s - 6s - (14.8v - 22.2v)
RPM per volt	460kv	380kv
Current Capacity	80A - 60 seconds	80A - 60 seconds
Max Watts	1500w	1500w
Dimension:	50mm x 65mm	50mm x 65mm
Weight:	400g - 14oz	400g - 14oz
Shaft Diameter	6.0mm	6.0mm
Recommended ESC:	GH-100a	GH-100a
Recommended Prop	5 cell li-poly: 18 x 10 6 cell li-poly: 16 x 10 7 cell li-poly: 14 x 10	5 cell li-poly: 18 x 10 6 cell li-poly: 16 x 10 7 cell li-poly: 14 x 10
Recommended Model Weight	3,000 - 6,000g (6.6 lbs to 13.25 lbs)	3,000 - 6,000g (6.6 lbs to 13.25 lbs)
Style of Flying	Sporty Aerobatic	Aerobatic

واخيرا ندرس خصائص محرك Sky Pirate SP8108-12 135KV Brushless Motor

قد يكون ثمنه مرتفع قليلا نظر لخصائص المميزة .



KV	135
Configuration	NP
Shaft Diameter	8.0mm
Motor Dimensions (Dia. x Len.)	Φ86.8x26.6mm
Weight (g)	240g
No. of Cells (Lipo)	6-12S
Max Continuous Current (A)	16.3A
Max Continuous Power (W)	407W

واخيرا يمكننا القول ان محددات شراؤك للمحرك هي ال power و KV ووزن الطائرة الاجمالي بالاضافة الى نوع البطاريات والعديد من المواصفات الاساسية والثانوية اعلاه .

وكما قلت سابقا ان المُحركات الخالية من الفرش (Brushless DC Motor) هي افضل المحركات لطائرات التحكم عن بعد , سواء كانت افقية او درون او هيلكوبتر .

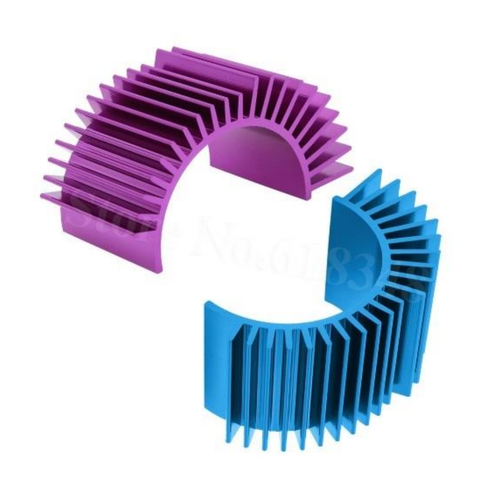
- تبريد المحرك Motor Cooling

ان محرك الطائرة الكهربائي مثل محرك السيارة تماما فهو يتعرض للحرارة العالية والتي من الضرورة تجنبها لعدم تلف المحرك علما ان تبريد المحرك لا يكلفك الا بضعة دولارات , ان تبريد المحرك يتم عن طريقتين , الاولى هي عن طريق السماح للهواء في التدفق (قليلا) باتجاه المحرك وذلك لتبريده عن طريق تيارات الهواء .

اما الطريقة الثانية التي يغفل عنها مصممون طائرات التحكم عن بعد هي استخدام ال fins المدمجة مع مروحة صغيرة كالتي موجودة في الصورة التالية :



توضع ال fins حول المحرك الكهربائي ويتم توصيل مصدر الطاقة التي تعمل على 5V عادةً , تاكد من توصيلك الصحيح للاقطاب ووجود فراغ هوائي للمروحة لتضخ الهواء البارد للمحرك .

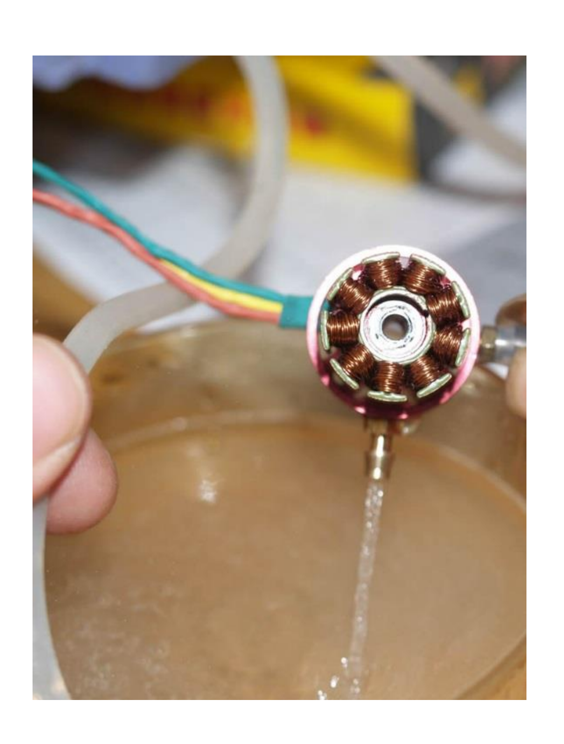


يوجد انواع Fins بدون مروحة مثل التي بالصورة المجاورة , ولكن نحن ننصح استخدام Fins مع مروحة لانها مفيدة وفعالة أكثر في التبريد , وتذكر ان المروحة الصغيرة تحتاج الى تغذية وهذا يعني انها سوف تأخذ حيزا من خزان البطارية لديك .

طريقة اخرى للتبريد هي استخدام الماء .

تتوفر بعض المُحركات الخالية من الفرش (Brushless DC Motor) بنظام تبريد داخلي باستخدام الماء ولكن بالطبع هذا من النوع من المحركات هو نادر وثمنه مرتفع عن باقي الانواع الاخرى ولكن يبدو هذا المحرك رائعا انظر الى تكوينه :





شكل تركيب المحرك داخل الطائرة او القارب (يكثر استخدامه في القوارب) :





او بدلا من ذلك يمكن استخدم Water Fins الموضحة ادناه لاي محرك DC :





تذكر , عند استخدامك التبريد المائي تحتاج الى عمل دائرة تبريد ميكانيكية داخل الطائرة وذلك من خلال مضخة مياه (تعمل على V6) مثل الصورة المجاورة والانابيب واستخدام الانظمة الميكانيكية او الكهروميكانيكية لتبريد الماء الساخن بسبب حرارة المحرك .



بعض انواع محركات Brushless DC Motor المتوفرة في الاسواق :

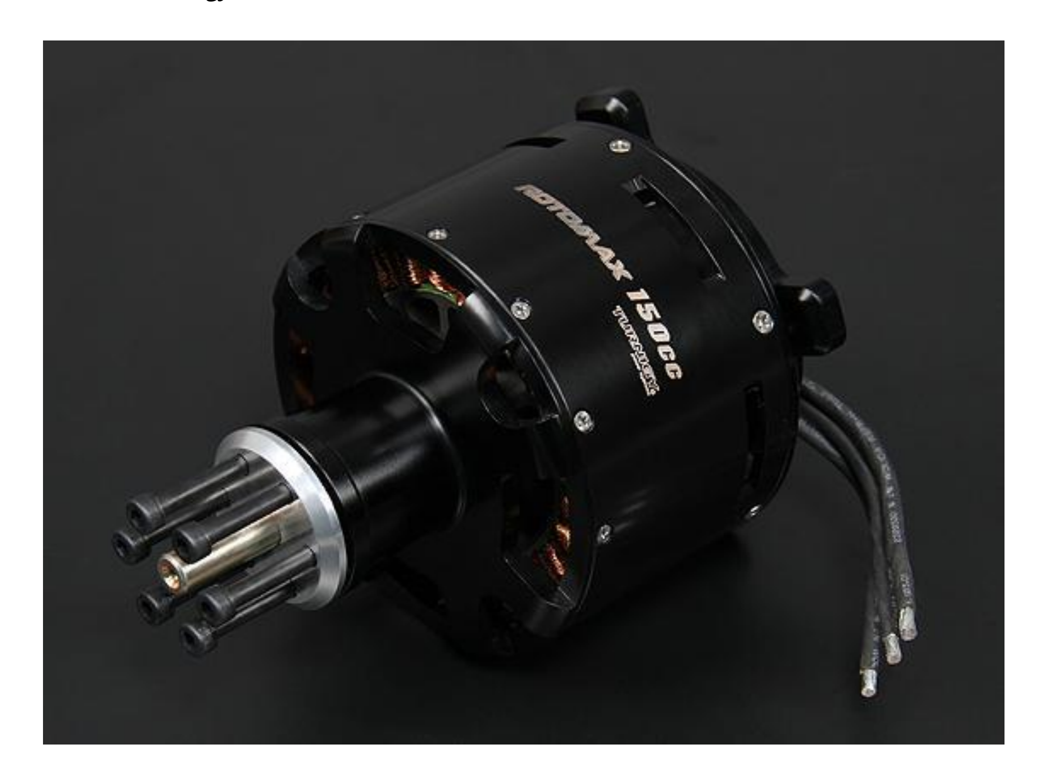
Turnigy Typhoon 450H 2215H Heli Motor 3550kv (450 class)



Turnigy HeliDrive SK3 Competition Series - 4962-480kv



Turnigy RotoMax 150cc Size Brushless Outrunner Motor



ADS300XL Water-cooled Brushless Outrunner 3000kv 400w



- اختيار المراوح Prop selection



عند شراء المحرك يكون في المواصفات ابعاد ونوع المروحة المطلوبة ولكن سوف ندرس أسس اختيار المروحة , يمكن أن يكون موضوع اختيار حجم المروحة نوعًا ما من حقول الألغام ، خاصة بالنسبة للمبتدئين في الهواية ، فلا يجوز اختيار اي مروحة وتركيبها على المحرك ولكن فيما يلي بعض الإرشادات والتوصيات المقبولة عمومًا لاختيار المروحة المناسبة لرحلتكم.

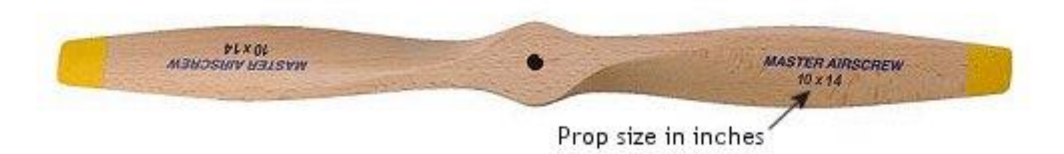
أن تحديد حجم المروحة الصحيح لطائرة RC مهم جدًا إذا كنت ترغب في الحصول على الأداء الأمثل من محرك IC / المحرك الكهربائي والطائرة بشكل عام .

يمكن أن تسبب المروحة الخاطئة أضرارًا جسيمة للمكونات وهذا ينطبق بشكل خاص على الطائرات التي تعمل بالكهرباء.

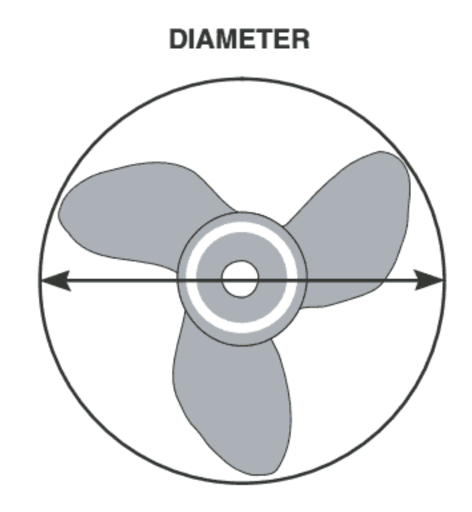
لمجرد التفكير في مروحة طائرة RC هي كشيء في مقدمة الطائرة يدور بسرعة كبيرة ، لكن فهم القليل عن كيفية عمل المراوح في الواقع ليس بالأمر السيئ.

مراوح طائرات RC ليست أكثر من أجنحة دوارة مثبتة رأسياً. مهمتهم هي تحويل قوة المحرك إلى الدفع ، لسحب / دفع الطائرة في الهواء. يوجد انحناء "twist " في المروحة لإنشاء زاوية الهجوم الأساسية لكل شفرة ، تمامًا مثل الجناح. يكون الالتواء أكبر باتجاه محور المروحة نظرًا لوجود سرعات هوائية متفاوتة بطول الشفرات ، وبالتالي توليد قوة دفع متباينة.

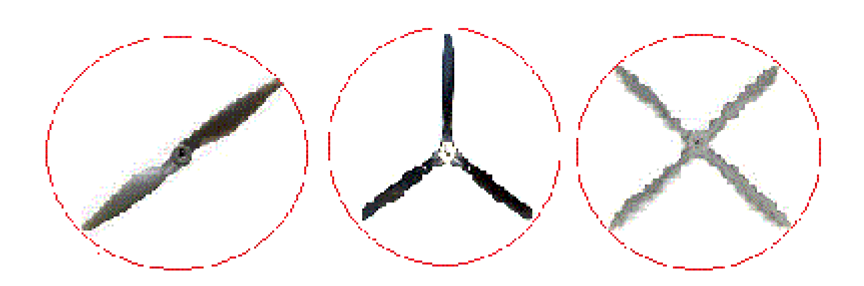
يحدث هذا الاختلاف في توليد الدفع نظرًا لأن أطراف شفرات الدعامة تتحرك بشكل أسرع من الأجزاء الداخلية للشفرات. ويتم تعيين جميع مراوح RC بنوعين من القياسات ، مثلا :



الرقم الأول هو قطر Diameter القرص التخيلي ('القوس') arc الذي تم إنشاؤه بواسطة المروحة أي طول المروحة من الطرف إلى الطرف الآخر , لفهم المقصود بالقوس التخيلي انظر الصورة التالية :



وكذلك بالنسبة للشفرات المتعددة :

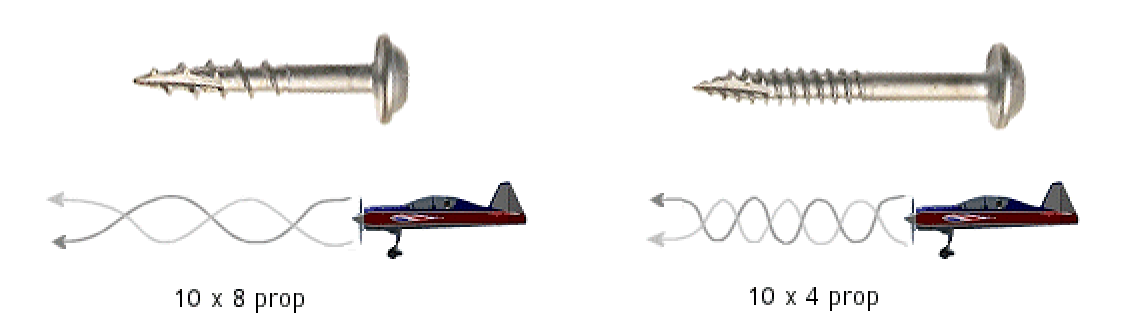


الرقم الثاني هو pitch , يشير إلى أي مدى ، في بوصة ، سوف تتحرك هذه المروحة عبر الهواء في كل دورة واحدة من المحرك (أي كل دورة كاملة من المروحة).

يعد هذا القياس حقًا قيمة نظرية فقط ، لكنها جيدة بما يكفي لمساعدتك في اختيار المروحة ذات الحجم المناسب لطائرتك واحتياجاتك. بشكل عام كلما زادت قيمة Pitch ، زادت سرعة الطائرة.

لفهم pitch المروحة تخيل مقياس اسنان مسمارين لولبيين مختلفين ، الخشنة والناعمة ، يتم تثبيتها في قطعة من الخشب بنفس سرعة الدوران.

في الرسم التوضيحي أدناه ، يمثل خطي السهمين مسار كل طرف مروحة. يمكنك أن ترى أن مروحة Pitch الأعلى (10x8) تستغرق دورة واحدة ونصف فقط لتغطية نفس المسافة التي تأخذها pitch (10x4) وذلك في 3 دوائر . لذلك ، مع دوران كل من المحركات والمحركات عند دورة في الدقيقة متطابقة ، فإن المروحة ذات Pich العالي ستنطلق أكثر في نفس الوقت من الزمن - ومن ثم طائرة تطير أسرع.



لذلك يمكنك أن ترى أن اختيار قيمة Pitch يختلف لمسار المروحة سيؤدي إلى تغيير كبير في أداء الطائرة ، حيث تكون السرعة هي العامل الأساسي.

لذلك اقولها دائما , ان المراوح ليست فكرة جيدة ان تقوم بصناعتها يدويا لانها ليست عبارة عن مواد بلاستيكية او خشبية توضع امام الطائرة بدون خطة مسبقة .

سيؤثر قطر المروحة (10 "في المثال أعلاه) أيضًا على كيفية تحليق الطائرة ، وأيضًا كيفية تشغيل المحرك ، ومرة أخرى ، باتباع توصيات الشركة المصنعة للمحرك هي المكان المناسب للبدء.

وبشكل تقريبي ، يؤثر القطر على مقدار الاندفاع Thrust الناتج ولكن المشكلة المتزايدة وغير المرتبطة بالأداء في هذه الأيام ، المرتبطة بقطر الدعامة ، هي مشكلة الضوضاء.

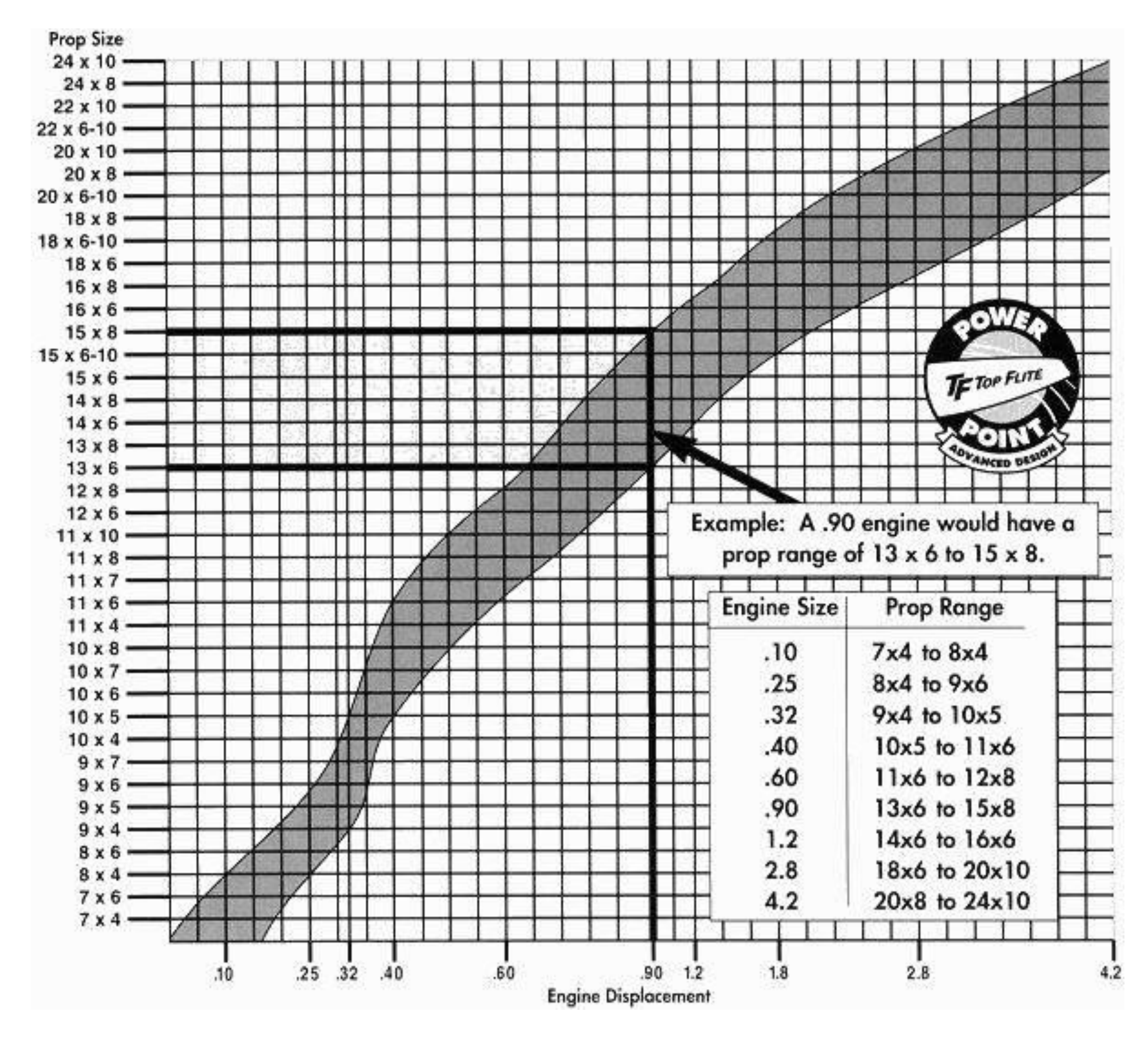
تعمل المروحة ذات القطر الأكبر على تقليل RPM للمحرك ، وتولد مروحة الدوران الأبطأ ضوضاء أقل .

في هذا العالم الحساس من الناحية البيئية الذي نعيش فيه ، هذا اعتبار جاد يجب مراعاته عند اختيار المروحة ، خاصة إذا كان موقع الطيران الخاص بك "حساس للضوضاء" (على سبيل المثال ، قريب من المنازل وما إلى ذلك).

كيف يتم اختيار المروحة لمحركات الاحتراق الميكانيكية IC ؟

كما ذكرنا سابقًا ، يجب أن تكون دائمًا نقطة مرجعية الأولى هي اتباع توصيات حجم المروحة المقدمة من الشركة المصنعة للمحرك ولكن هناك عمومًا نطاقات حجم دعامة معترف بها لكل حجم محرك وهذه الأحجام لاختيار ما إذا كنت غير متأكد من اختيار المروحة.

مخطط حجم المروحة التالي (© Top Flight) سهل الاستخدام ؛ حدد إزاحة المحرك engine displacement على طول النطاق السفلي ، ثم اتبع الخط العمودي لأعلى إلى المنطقة المظللة لإعطاء نطاق حجم الدعامة لذلك المحرك.



على الرغم من أن هذا المخطط مرتبط بمجموعة المراوح من Top Flight ، إلا أن نطاقات الحجم تناسب جميع العلامات التجارية.

كيف يتم اختيار المروحة للمحركات الكهربائية EP ؟

ليس صعبا مطابقة المروحة لمحرك IC أمر سهل إلى حد ما إذا كنت تتبع توصيات الحجم العامة الموضحة في الرسم البياني أعلاه ، والتي تم قبولها منذ فترة طويلة في الطيران . قد يعني تركيب مروحة غير صحيحة أن المحرك لا يزال يعمل ، لكن أداء الطائرة سيئ.

ولكن مع ظهور الطاقة الكهربائية (EP) ، أصبح اختيار المروحة حقل ألغام جديد تمامًا!

يعد اختيار مروحة EP بالغ أهمية لأن مجموعات مختلفة من المحركات وحزم البطارية يمكن أن تحدث اختلافات كبيرة في سرعات التشغيل والأحمال.

كما هو الحال مع IC ، يعطي مصنعو المحركات الكهربائية نطاقًا محددًا لحجم المروحة لمحركاتهم ، لكن من الأهمية بمكان الالتزام بهذا النطاق.

يمكن أن تسبب المروحة المفرطة أضرارًا لا رجعة فيها للمحركات الكهربائية والبطاريات الكهربائية ، لأن المروحة الغير صحيحة ستجبر المحرك على العمل بجهد أكبر مما تم تصميمه.

إذا وضعت مروحة كبيرة الحجم على محرك IC ، فمن المحتمل أن يتعطل المحرك . ضع دعامة كبيرة الحجم على محرك كهربائي لن يتوقف المحرك ، بل سيستمر في محاولة تحريك المروحة الى ان ينفجر او يحصل عطل ما . حيث سيواصل المحرك العمل بقوة أكبر وبصعوبة لتدوير الحمل الزائد ، إلى أن ترتفع درجة حرارة النار (من المحتمل أن تكون ESC) وتشتعل فيها النيران.

لن تتسبب مروحة صغيرة جدًا على محرك EP في حدوث أي ضرر ، لكنك لن تحصل على الأداء المطلوب لطائرتك. سوف يسحب المحرك تيارًا أقل ، ومن المحتمل أن تكون الطائرة منخفضة الطاقة.

الطريقة الدقيقة الوحيدة لمعرفة ما إذا كان مفعول EP ينتج عنه السحب المناسب من خلال ESC والمحرك هو استخدام مقياس واط ميتر متصل بين حزمة البطارية و ESC .

ولكن للأسف لن اجد اي مصدر رسمي من الشركات المصنعة يوجد به اختيار المراوح حسب المحركات الكهربائية مثل مخطط مراوح محركات ال IC

ولكن وجدت محرك خاص باحدى الشركات قام بعمل مخطط خاص لمحرك Cobra 3520/10 فيما يتعلق بالمراوح حيث قامت بعمل تصنيف مختلف لاسماء طراز المروح انظر المخطط ادناه:

Cobra C3520/10 Motor Propeller Data					
Motor Wind 10-Turn Delta	Motor Kv 980 RPM/Volt	No-Load Current Io = 1.84 Amps @ 14v	Motor Resistance Rm = 0.025 Ohms	I Max 60 Amps	P Max (4S) 890 W
Outside Diameter 43.0 mm, 1.69 in.	Body Length 46.0 mm, 1.81 in.	Total Shaft Length 68.0 mm, 2.68 in.	Shaft Diameter 5.00 mm, 0.197 in.	Motor Weight 210 gm, 7.41 oz	

Prop Manf.	Prop Size	Input Voltage	Motor Amps	Watts Input	Prop RPM	Pitch Speed	Thrust Grams	Thrust Ounces	Thrust Eff. Grams/W
APC	9x6-E	14.8	27.19	402.4	11,965	68.0	1554	54.82	3.86
APC	9x7.5-E	14.8	41.77	618.2	11,061	78.6	1618	57.07	2.62
APC	9x9-E	14.8	45.05	666.7	10,794	92.0	1611	56.83	2.42
APC	10x5-E	14.8	33.00	488.4	11,678	55.3	1960	69.14	4.01
APC	10x6-E	14.8	36.27	536.9	11,327	64.4	1984	69.98	3.70
APC	10x7-E	14.8	42.56	629.9	11,047	73.2	2085	73.55	3.31
APC	10x10-E	14.8	57.53	851.4	10,104	95.7	1789	63.10	2.10
APC	11x5.5-E	14.8	45.51	673.5	10,864	56.6	2697	95.13	4.00
APC	11x7-E	14.8	52.40	775.5	10,420	69.1	2741	96.68	3.53
APC	11x8-E	14.8	56.81	840.8	10,160	77.0	2538	89.52	3.02
APC	11x8.5-E	14.8	60.60	896.8	9,931	79.9	2529	89.21	2.82
APC	12x6-E	14.8	56.94	842.7	10,033	57.0	3146	110.97	3.73
APC	13x4-E	14.8	50.30	744.4	10,565	40.0	3309	116.72	4.45
MAS	8x6x3	14.8	23.36	345.7	12,277	69.8	1428	50.37	4.13
MAS	9x7x3	14.8	36.29	537.0	11,400	75.6	2047	72.21	3.81
MAS	10x5x3	14.8	32.78	485.1	11,693	55.4	2132	75.20	4.39
MAS	10x7x3	14.8	45.60	674.8	10,842	71.9	2560	90.30	3.79
MAS	11x7x3	14.8	53.69	794.7	10,358	68.7	2947	103.95	3.71
MAS	11x8x3	14.8	57.51	851.2	10,111	76.6	2984	105.26	3.51
MAS	12x6x3	14.8	59.12	875.0	10,013	56.9	3309	116.72	3.78

- عدد من ريش المروحة

غالبية مراوح المستخدمة في هواية الطيران لديها شفرتان ولكن تتوفر مراوح بثلاثة أو حتى أربعة شفرات .

يشيع استخدام المراوح ذات الشفرة المزدوجة نظرًا لأنها فعالة نسبيًا ورخيصة الثمن ، ولكن في بعض الأحيان ، تستدعي طائرة من طراز rc المزيد من الشفرات.

تؤدي إضافة المزيد من الشفرات إلى تقليل الكفاءة الكلية للمروحة نظرًا لأن كل شفرة يجب أن تقطع هواءً مضطربًا أكثر من الشفرة السابقة - في الواقع ، فإن المروحة ذات الشفرة الواحدة انظر الصورة ادناه , هي الأكثر فاعلية ، لكن نادراً ما يتم رؤيتها (في الغالب تقريبًا!) .



يجب موازنة دعامة شفرة واحدة مع ثقل موازن على الجانب الآخر من المحور للشفرة ، وإلا فإن الطائرة ستهتز إلى أجزاء بمجرد أن تكون المروحة تدور .

إذا كان اختيار ثلاثة أو أربعة مراوح ذات شفرة ، أو أكثر من اثنين من الشفرات ، فإن إحدى القواعد العامة تتمثل في تقليل قطر المروحة بمقدار بوصة وزيادة Pitch بمقدار بوصة ، تذكر أن تتبع توصيات الشركة المصنعة للمحرك / المروحة ، واستخدم مقياس واط ميتر إذا كنت ستجرب أحجام مختلفة من المروحة لطائرات EP RC.

وللحصول على أداء أفضل للطيران ، استخدم مراوح أخف بدلاً من الأثقل. تتمتع المراوح الأخف ب جمود اقل ، مما يعني أن المحرك يحتاج إلى تطبيق عزم دوران أقل لتوليد نفس دورة في الدقيقة. هذا يؤدي أيضًا إلى تغييرات RPM أسرع مما يؤدي إلى استجابة الطائرة بشكل أفضل.

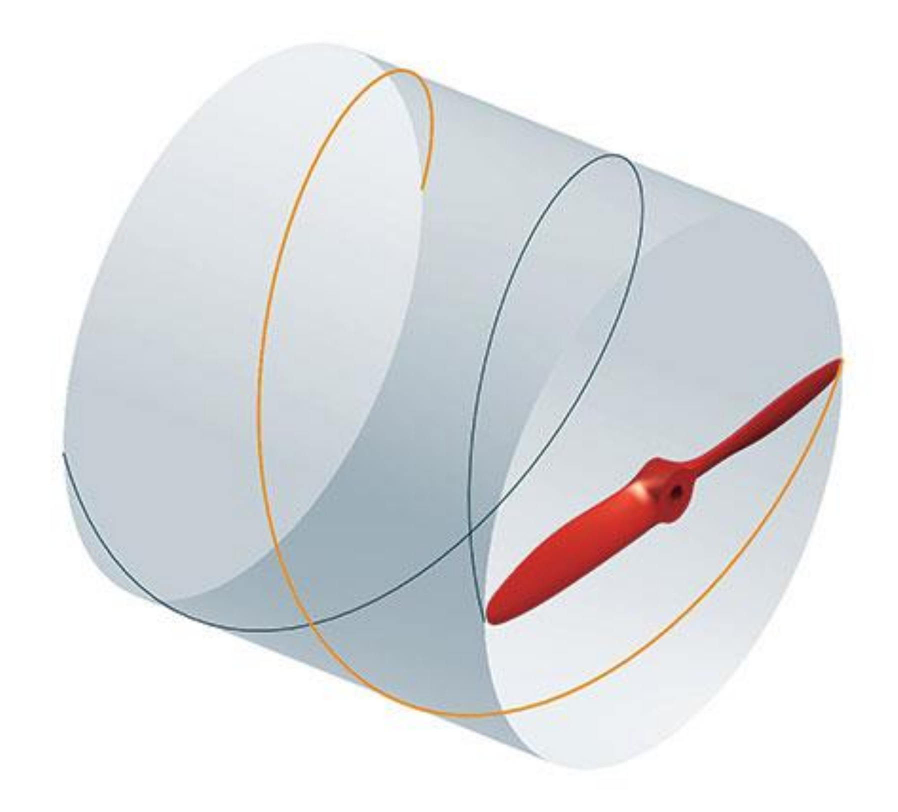
يؤثر توزيع الوزن بشكل كبير على مقدار الاهتزاز الذي ستولده المروحة. سوف تنتج المروحة المتوازنة اهتزاز اقل ويرجع ذلك الى كفاءة ودقة التصنيع ، في حين أن مروحة غير متوازنة ستؤثر على أداء الطائرة والمحرك وستبدو فظيعة.

و عادة ما تكون المراوح مصنوعة من مركب بلاستيكي او مواد خشبية ، على الرغم من أن مراوح ألياف الكربون متوفرة أيضًا , مراوح ألياف الكربون لديها عدد من المزايا. إنها تنتج اهتزازًا أقل بسبب صلابتها وهدوئها عند الطيران. أنها أخف بكثير ، وأقوى من المراوح البلاستيكية. ومع ذلك ، فهي باهظة الثمن .

بعض اشكال وانواع المراوح المختلفة :



الصورة التالية توضح دورة المروحة والتي قمنا دراستها سابقا في موضوع ال Pitch :



هذا ليس كل شيئ , في الطائرات الافقية عادة يتم تركيب في مقدمة المروحة قطعة تسمى Spinner فهي تضيف شكل جماليا للطائرة , وتعمل على انسيابية تدفق الهواء الى الطائرة , يوجد منها احجام مختلفة حسب المحرك والمروحة المستخدمة , انظر الاشكال التالية :







وتذكر دائما اختار الابعاد والاوزان التي تناسب طائرتك الخاصة .

■ محركات الدرون Drone Motors



في الحقيقة لا يختلف محرك الدرون عن باقي المحركات التي درسناها الا قليلا من المواصفات التصنيعية , عموما نحن درسنا ان الديناميكا الهوائية للهيليكوتر او الدرون مختلفة لان قوة الدفع والرفع تكون لأعلى , وقوة السحب والوزن تكون لاسفل , لذلك هنالك بعض الاضافات التي سوف ندرسها في اختيار محرك الدرون حتى تستطيع بناء طائرات سريعة وتضع بها معداتك الخاصة والتحليق عاليًا .

هناك نوعان من المعلومات المهمة التي تحدد حجم محرك الطائرة العامودية درون الخاص بك:

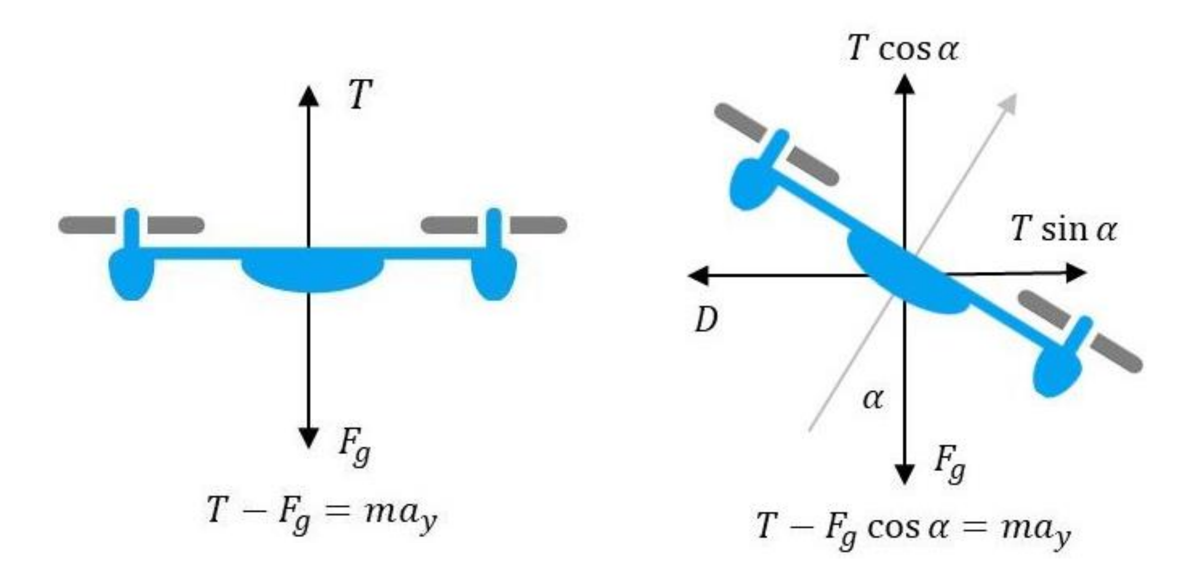
1. الوزن الكلي للدرون
2. ابعاد الإطار الخاص بك (سندرسه في درس مراوح الدرون)

إذا كنت تبني طائرة ، فقد لا تعرف الوزن النهائي. ومع ذلك ، يمكنك تحديد الوزن النهائي من خلال النظر في وزن جميع المكونات الفردية , سيتيح لك حجم الإطار تحديد حجم المروحة المناسبة للاستخدام , وبمجرد معرفة حجم المروحة ووزن الطائرة ، يمكنك تحديد مقدار الدفع الذي يحتاجه محرك الطائرة لتصبح في الهواء.

- نسبة الدفع الى الوزن في طائرة الدرون Drone Motor Thrust to Weight Ratio

نسبة الدفع thrust إلى الوزن weight , TWR = T / W , هي السمة الديناميكية الرئيسية التي ستحدد امكانية تحليق الطائرة العامودية او الدرون في الهواء اما لا وللمحافظة على رحلة ثابتة.

يجب ان تكون TWR مساوية ل 1 , ومع ذلك ، للإقلاع ، ستحتاج إلى TWR> 1 حتى يكون لديك تسارع للأعلى , عند الطيران ، تتسبب زاوية هجوم الطائرة بدون طيار (أي زاوية الميل ألفا في الشكل) في أن يكون متجها و الاتجاه يحتوي على مكونات رأسية وأفقية. هذا يتطلب أن يكون TWR 1.3 على الأقل بالنسبة لزاوية الهجوم القصوى البالغة 40 درجة.



يحدد ابعاد عمود المروحة shaftعلى المحرك حجم المروحة التي يمكن استخدامها. تم تصميم المحركات ذات عمود المحرك M5 (قطر 5 مم) ليتم استخدامها مع مراوح 3 "و 4" 5 "و 6"شفرات.

من الجداول التالية سنوضح بعض المعاير الاضافية وكيفية اختيار المحرك والمروحة

Frame Size	Prop Size	Motor Size	KV
150mm - smaller	3" and smaller	1105-1306	3000 and higher
180mm	4"	1806	2600-3000
210mm	5"	2204-2208/2306	2600-3000
250mm	6"	2205-2208/2306	2000-2300
300mm	7"	2208/2212	1600
450mm	8″, 9″, 10″	2212 or larger	1000KV or lower

Prop Size	Recommended Stator Size	Recommended Magnet Height	Recommended Motor KV	Recommended ESC Size
2"	11	03 - 06	4000 - 8000	6 - 12A
3"	13-14	06 - 07	3000 - 4000	12 - 20A
4"	13-22	04 - 07	2400 - 2900	20A
5"	22-23	05 - 07	2200 - 2800	20 - 35A
6"	22-23	06-08	2200 - 2800	30 - 40A
7"	300mm+	06+	1800 - 2300	30A +

■ bottom OR Closed bottom motors

احدث تكنولوجيا المحركات الرباعية هي bottom motors , إنها توفر الكثير من الوزن (2 جرام بشكل عام) ، قد لا يبدو هذا كثيرًا ولكن هذا كثيرًا فيما يتعلق بسباق الطائرات بدون طيار. قد يكون الفرق بين الفوز في سباق أو خسارة واحدة.



bottom motor — Closed bottom motor

هذه هي إيجابية المحركات bottom motors ، وهناك أيضًا بعض السلبيات لهذا النوع من المحركات ، أثناء الاصطدام ، قد تحصل الحجارة الصغيرة والحطام المغناطيس والملفات.

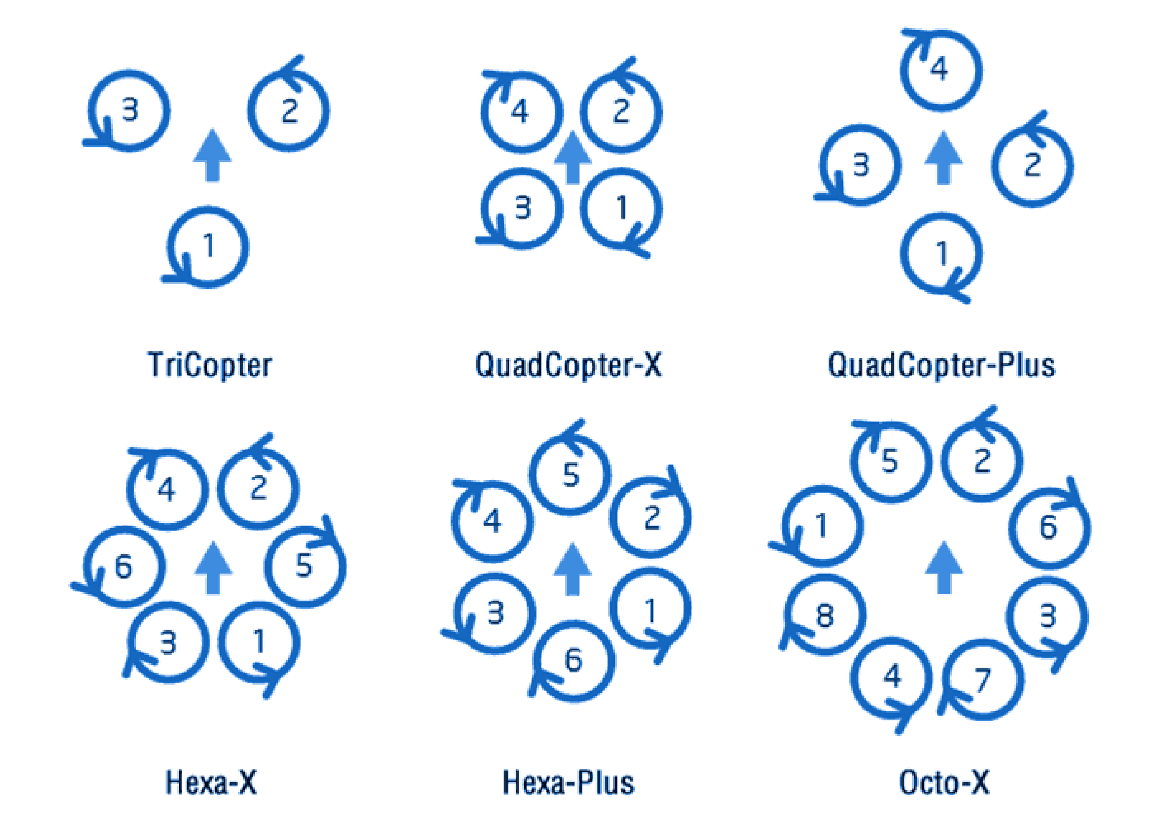
لذلك يعد اختيارًا جيدًا للمبتدئين لشراء محركات مغلقة Closed bottom motors عند البدء في ممارسة الهوايات لأنهم أقل عرضة للانهيار.



الغرض من مراوح الطائرات الرباعية هو توليد قوة دفع وعزم دوران للحفاظ على الطائرة بدون طيار والمناورة. عادة تقاس قوة الدفع الصاعدة للاعلى الناتجة عن المراوح بالكيلو جرام أو الجرام .

للحفاظ على طائرة تحلق عاليا ، نحتاج ان تكون القوى الررفع لاعلى مساوية لوزن الطائرة .

تشير نسبة الدفع إلى الوزن TWR (الدفع مقسومًا على الوزن) إلى مقدار الدفع الذي تولده الطائرة بالنسبة إلى وزنها. هناك قاعدة جيدة تتمثل في تصميم TWR ليكون على الأقل قيمته اثنين للأمان والقدرة على المناورة .



عادةً ما ينتج مراوح كوادكوبتر quadcopter قوة دفع أكبر في الدوران. يتم إنشاء عزم الدوران عند تسارع المراوح لأعلى أو لأسفل. هذه القوة مسؤولة عن قدرة الطائرة بدون طيار على الدوران على محور yaw, عزم الدوران هو تأثير لقانون نيوتن الثالث ، حيث يكون لكل فعل رد فعل معاكس ومتكافئ. عندما تدور المروحة وتدفع في الهواء ، يدفع الهواء للخلف ويسبب دورانًا مضادًا على جسم الطائرة هذا هو السبب في أن جميع المراوح على طائرة بدون طيار متعددة المحركات لا تدور في نفس الاتجاه (انظر الشكل اعلاه) . وعن طريق تغيير RPMs للمحركات ، يمكنك أن تسبب دوران لطائرة الدرون .

الدرون لديها نوعان مختلفان من المراوح والمحركات. تم تصميم مجموعة لتدور في اتجاه عقارب الساعة ، بينما تم تصميم المجموعة الأخرى لعكس اتجاه عقارب الساعة.

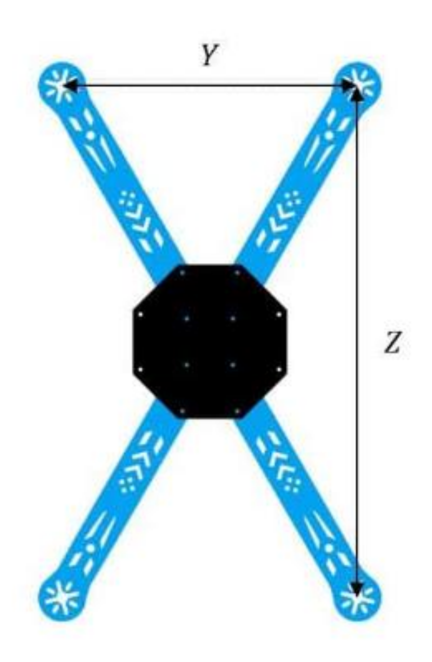
يمكن للمراوح الطويلة توليد المزيد من الدفع بنفس السرعة ، ولكنها تتطلب مزيدًا من عزم الدوران من المحرك لتشغيل المروحة. لا يعني حجم المروحة الأكبر أنك ستتمكن من الطيران بشكل أسرع. يتم تحديد ذلك في الغالب عن طريق المروحة.

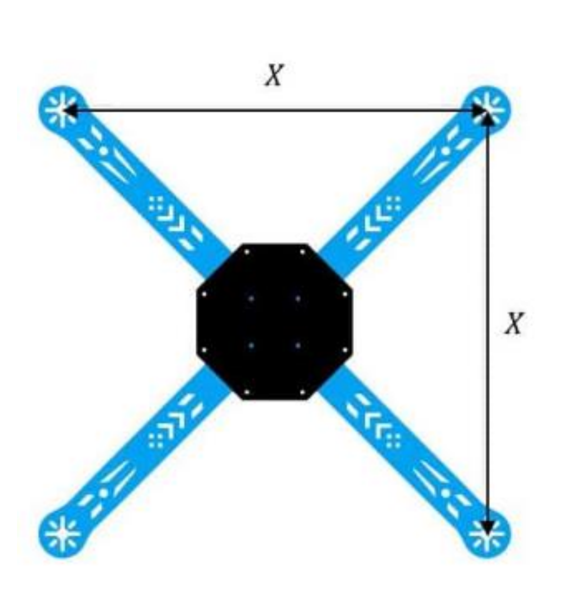
تحدد مساحة سطح المروحة أيضًا مقدار الدفع الذي يمكن أن تولده. تسمح مساحة السطح الأعلى بنقل المزيد من الهواء ، وبالتالي توليد المزيد من الدفع. ويأتي ذلك أيضًا على حساب سحب المزيد من الطاقة من المحرك.

يحدد طول إطار quadcopter الحد الأقصى لحجم المروحة التي يمكنك استخدامها. يمكن تحديد ذلك بسهولة عن طريق أخذ أصغر طول أو عرض إطار في الطائرة ، والقسمة على 2. ثم تحتاج إلى جعل هذا أصغر قليلاً لتوفير انسابية الدوران بين المراوح المجاورة لعدم تداخلها .

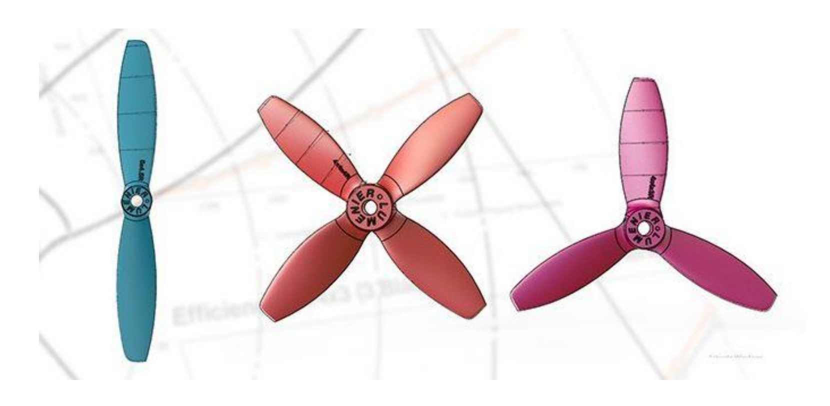
بالنسبة لتكوين الاطار المربع انظر الشكل ادناه، يكون الحد الأقصى لحجم المروحة هو X / 2.

بالنسبة لتكوين الإطار المستطيل انظر الشكل ادناه ، فأنت تأخذ البعد الأصغر من الطول أو العرض ، في هذه الحالة من الواضح أنه Y ، وتقسم على اثنين ، أي Y / 2.





يوجد أيضًا تدفق هواء جانبي قليلًا ، لذا فأنت تريد السماح ببعض التباعد بين المراوح لتجنب هذا التأثير. ويكون اثنتين من الشفرات أكثر كفاءة في إنتاج الدفع بدلاً من ثلاثة أو أربعة شفرات انظر الشكل ادناه , طالما أنك لا تصل إلى سرعات تفوق سرعة الصوت. لأغراض مراوح الدرون ، هذه ليست مشكلة.



تؤدي إضافة الشفرات إلى زيادة مقدار الدفع الذي يتم إنشاؤه ، ولكن على حساب الكفاءة.

عند اختيار حجيم المروحة ، يجب أن تفهم التنسيق الذي يستخدمه المصنعون. يوجد تنسيقان شائعان يتم استخدامهما LxPxB أوLLPPxB

يمثل L الطول ، Pهو pitch، و B هو عدد الشفرات. قد ترى أيضًا تعيين BN يرمز إلى bull-nose .

قد ترى أيضًا علامة R أو C بعد أرقام التحجيم. يشير R إلى عكسه ، وهو اتجاه دوران المروحة. يحتاج المروحة R إلى تركيبه على محرك بدون طيار يدور في اتجاه عقارب الساعة. يجب تثبيت المروحة ذات التعيين C على محرك يدور بعكس اتجاه عقارب الساعة.

قد ترى أيضًا علامة R أو C بعد أرقام التحجيم. يشير R إلى reversed، وهو اتجاه دوران المروحة. يحتاج المروحة R إلى تركيبه على محرك يدور في اتجاه عقارب الساعة. يجب تثبيت المروحة ذات التعيين C على محرك يدور بعكس اتجاه عقارب الساعة.

مراوح Bull-Nose

كلما زادت مساحة السطح في المروحة ، زاد عدد الهواء الذي يمكنها دفعه وبالتالي خلق المزيد من الدفع. الجانب السلبي هو السحب العالي ، وزيادة السحب ، يعني انخفاض كفاءة الطاقة. يتم استخدام مراوح Bull-Nose أكثر شيوعًا على الدرون الحديثة :



مراوح Bull-Nose لها مساحة سطح أكبر هذا يعني المزيد من الدفع , هذه المراوح هي الأنسب لرباعي الحركة البطيئة حيث الاستقرار أكثر أهمية للتطبيقات مثل التصوير الجوي.

تعني مساحة السطح الإضافية للمروحة Bull-Nose أنك سوف تضيف وزناً للطائرة , ويتطلب من المحرك تطبيق المزيد من عزم الدوران ، واخذ المزيد من الطاقة من البطارية.

- قابلية الطي Folding

هناك العديد من الطائرات تصمم لتكون محمولة بحيث يمكنك بسهولة اصطحابها معك الى أي مكان. لإنجاز هذا ، يتم تضمين مراوح قابلة للطي في التصميم مثل هذه :







عند RPM عالي اللازم لإنشاء مصعد لرفع طائرتك فإن القوة الخارجية الناتجة عن دوران المحرك كافية لإبقاء المروحة في موقعها الصحيح. لذلك ، عندما تقلع يمكنك التأكد من أن طائرتك ستطير. تم تصميم مراوح الطي للحفاظ على التوازن ، لذلك لا تفقد أي كفاءة توليد الدفع.

عند تشغيل المحرك ، يتم نقل كل عزم دوران المحرك إلى المراوح. مع المروحة القابلة للطي ، سوف يتوازن هذا بسرعة وسيتم تطبيق عزم الدوران الكامل على المروحة .

مثال توضيحي , لاختيار المحرك والمروحة لطائرة درون رباعية

حتى مع كل الدروس اعلاه ، يمكن أن يكون اختيار محرك الطائرة الرباعية ومجموعة المروحة مهمة صعبة إلى حد ما للمبتدئين بسبب كثرة التفاصيل , ولكن لحسن الحظ ، توفر العديد من الشركات المصنعة لمحركات الطائرات بيانات أداء المحرك والمروحة التي تجعل هذه المهمة أسهل بكثير مثل محركات الطائرات الافقية , ومع ذلك ، إذا كنت لا تعرف كيفية قراءة البيانات ، يمكن أن يكون الأمر مربكا. نأمل أن يوفر هذا المثال فهماً أفضل لكيفية استخدام مخططات بيانات المحرك.

في هذا المثال ، سوف نفترض أن طول الإطار هو 500 مم على شكل مربع ونستخدم 4 محركات, وأن طائرة الدرون تزن 1587 جرامًا , بما في ذلك بطارية LiPo ذات 3 خلايا 5000 mAh , عند اختيار المحرك نريد أن يكون لدينا نسبة دنيا من قوة الدفع إلى الوزن تبلغ 2: 1 عند السماح لاستخدام لكمية الدفع الكاملة (اقصى طاقة للمحرك) , و للرحلات الطويلة ، سوف نستخدم نسبة 3: 1 .

اول ما نقوم به حسب كمية الدفع التي يحتاجها كل محرك , مع الاخذ بالحسبان نسبة الدفع الى الوزن هي 3 , طريقة الحل :

1587 * 3 = 4761 وهذا تمثل وزن الطائرة مع أخذ نسبة دفع الى وزن مقدارها 3

نحسب كمية الدفع التي يحتاجها كل محرك وذلك بقسمة الوزن الكامل على عدد المحركات :

4761 / 4 = 1190.25 مع التقريب تصبح 1190 غرام من الدفع .

يوضح الشكل مقطعًا من مخطط الأداء لمحرك Cobra CM 2217-20. إذا نظرت إلى خط prop 12x4.5-MR ، فسترى أن تركيبة prop و motor هذه تنتج 1168 جرامًا من الدفع. هذا قريب من الدفع المطلوب لطائرتنا ، لذلك سنستخدم هذا المحرك .

Cobra CM-2217/20 Motor Propeller Data										
Magnets 14-Pole	Motor Wind 20-Turn Delta		Motor Kv 950 RPM/Volt		No-Load Current Io = 0.53 Amps @ 12v		Motor Resistance Rm = 0.188 Ohms		I Max 20 Amps	P Max (3S) 220 W
Stator 12-Slot	Outside Diameter 27.0 mm, 1.063 in.		Body Length 33.0 mm, 1.299 in.		Total Shaft Length 35.1 mm, 1.382 in.		Shaft Diameter 3.17 mm, 0.125 in.		Motor Weight 76 gm, 2.68 oz	
Test Data From Sample Motor		Input Io Value	10.0 V 0.49 A	12.0 V 0.53 A	14.0V 0.58 A	16.0V 0.63 A	Measured Kv value 890 RPM/Volt @ 10v		Measured Rm Value 0.188 Ohms	
Prop Manf.	Prop Size	Li-Po Cells	Input Voltage	Motor Amps	Input Watts	Prop RPM	Pitch Speed in MPH	Thrust Grams	Thrust Ounces	Thrust Eff. Grams/W
APC	10x4.5-MR	3	11.1	11.83	131.3	7,536	32.1	875	30.86	6.66
APC	11x4.5-MR	3	11.1	14.00	155.4	7,107	30.3	1012	35.70	6.51
APC	12x4.5-MR	3	11.1	16.98	188.5	6,507	27.7	1168	41.20	6.20
APC	14x5.5-MR	3	11.1	22.02	244.4	5,324	27.7	1322	46.63	5.41

بمجرد اختيار المحرك والمروحة ، يجب تحديد المتحكم الإلكتروني في السرعة (ESC). على الرغم من أن الطائرة سوف تطير في معظم الأوقات من 40 إلى 60٪ من نطاق دواسة الطاقة، إلا أن ESC بحاجة إلى الحجم للتعامل مع الحد الأقصى لتيار المحرك .

محرك Cobra CM-2217-20 لديه تصنيف أقصى 20 أمبير ، لذلك هذا هو الحد الأدنى لاختيار ESC الذي يجب استخدامه. ومع ذلك ، من الجيد أن تضيف قليلا من التيار بحيث لا يتم إرهاق ESC. في هذه الحالة ، من 25 إلى 30 أمبير ESC سيكون اختيار جيد.

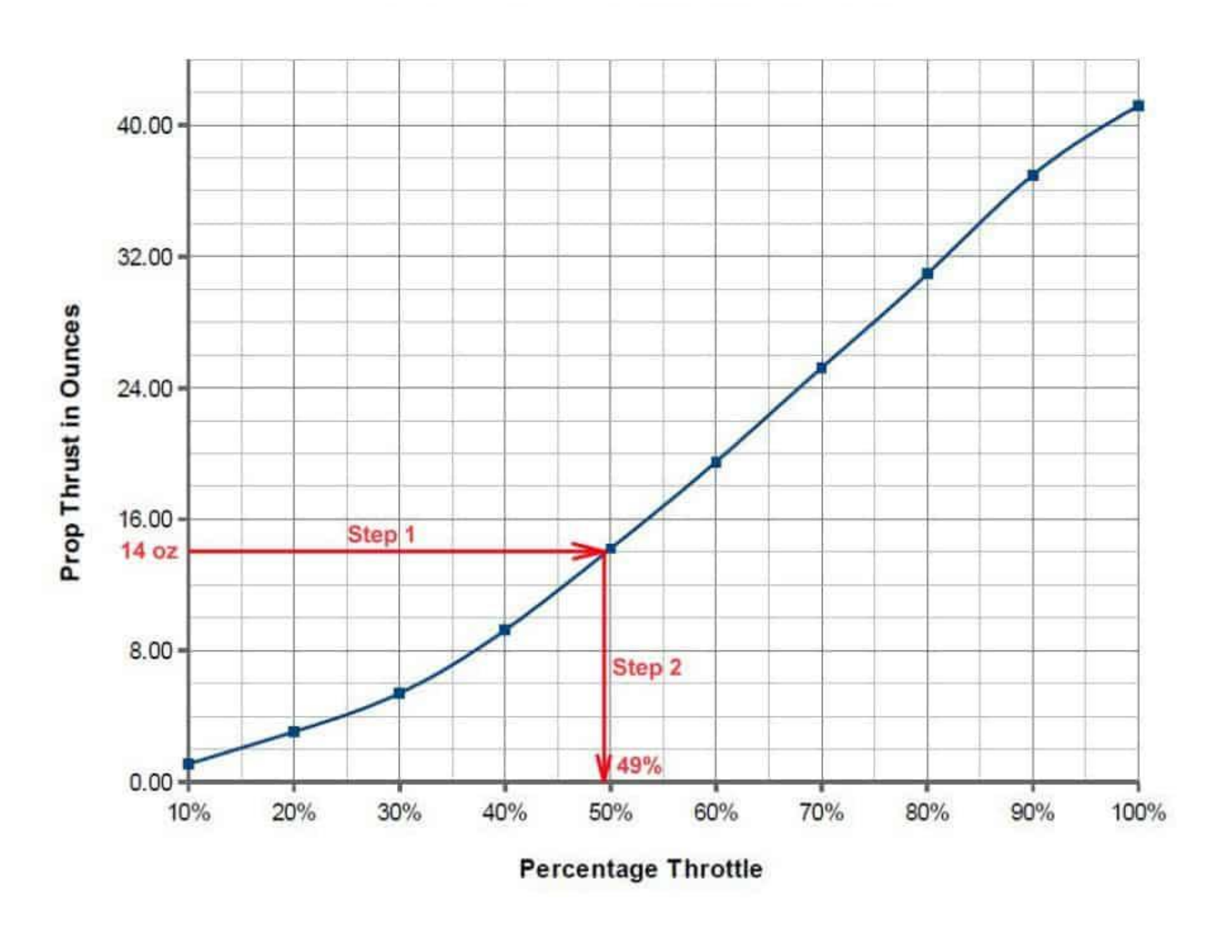
الآن وقد تم تحديد محرك الطائرة Drone ، المروحة ، و ESC ، يمكننا استخدام الرسوم البيانية لأداء المحرك لتحديد مقدار الطاقة التي ستحتاج إليها هذه الطائرة .

أولاً ، سوف نلقي نظرة على الرسم البياني لـ Propeller Thrust vs Throttle Position لمعرفة مستوى القوة الذي سيحتاج محرك الطائرة إلى تشغيله من أجل خلق قوة دفع كافية للتحليق.

بما أن الطائرة بدون طيار تزن 1587 جرامًا ، أو 56 أونصة ، فإننا نحتاج إلى 4/56 = 14 أونصة من الدفع لكل محرك لرفع الطائرة.

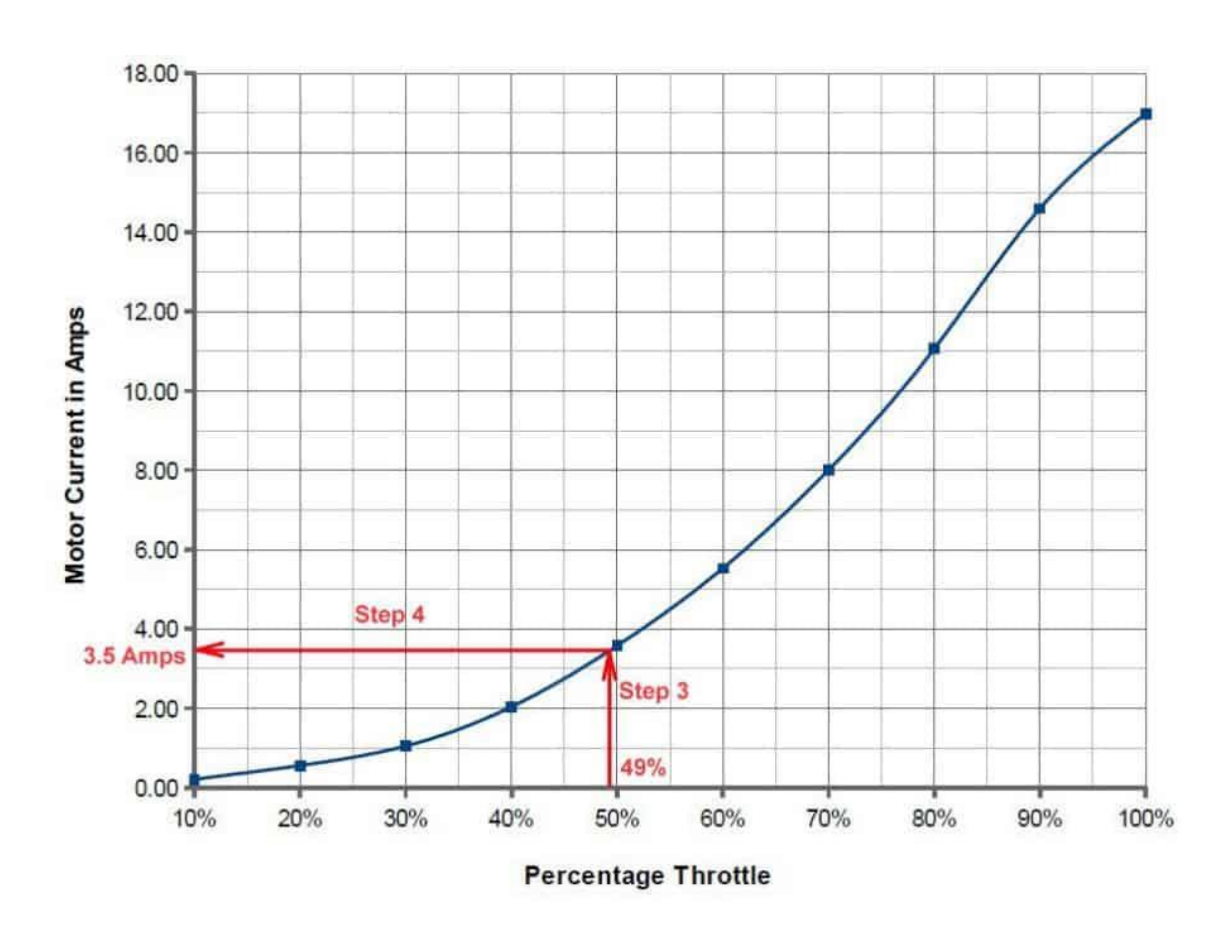
الخطوة 1: لتحديد إعداد دواسة الوقود(الطاقة-عصا التحكم) المطلوب للتحليق , يمكنك استخدام الشكل Propeller Thrust vs Throttle Position . ابدأ أولاً على المحور ص في 14 أوقية oz وارسم خطًا أفقيًا حتى تقوم بالوصول الى المنحنى الأزرق.

الخطوة 2: ثم ارسم خط مباشرة من نقطة التقاطع هذه إلى المحور السيني. هذه النقطة أقل بقليل من علامة 50٪ ، لذلك سوف نستخدم 49٪.



الخطوة 3: استخدام الرسم البياني Motor Current vs Throttle Position ارسم خط عامودي من نقطة Percentage Throttle بنسبة 49٪ حتى تقاطع المنحنى الأزرق.

الخطوة 4: ارسم خطًا أفقيًا من نقطة التقاطع هذه إلى المحور ص. في هذا المثال ، يبلغ 3.5 أمبير لكل محرك. نظرًا لأن لدينا 4 محركات ، سنحتاج إلى سحب 14 أمبير من البطارية للتحليق.



ولدينا معلومات كافية حتى نتمكن من تحديد وقت الطيران التقريبي لهذه الطائرة. كما هو موضح سابقًا ، تتمتع البطارية في هذا المثال بقدرة 5000 مللي أمبير في الساعة اي mAh .

يتم قياس تفريغ البطارية بمضاعفات من تصنيف C ، والذي يمثل قدرة البطارية. معدل تفريغ 1 - C سوف يستنزف البطارية في ساعة واحدة. معدل تفريغ C-2 سوف يستنزف البطارية في 30 دقيقة. معدل تفريغ C-3 سوف يستنزف البطارية في 20 دقيقة. لذلك أولا سنقوم بحساب معدل التفريغ C.

معدل التفريغ C في هذا المثال هو سعة البطارية مقسومة على التيار الذي حصلنا عليه من الشكل اعلاه .

14 / 5Ah او C-2.8

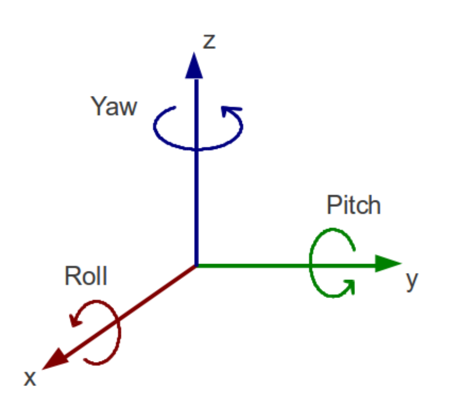
لحساب الوقت اللازم لتفريغ البطارية نقسم 60 دقيقة على تصنيف C للحصول على 21.4 دقيقة. لا ترغب مطلقًا في استنزاف بطارية LiPo تمامًا ، لذلك سنود التأكد من ترك 20٪ شحنًا في البطارية. لذلك ، يمكننا التحليق لمدة أقصاها 17.1 دقيقة.

تذكر أن وقت الرحلة هذا هو فقط إذا كانت الطائرة تحوم. بناءً على كيفية الطيران ، سيكون وقت الرحلة الفعلي أقل من 17.1 دقيقة. إذا كنت تستخدم الطائرة بدون طيار للتصوير الجوي لذلك يمكننا أن نتوقع وقت الرحلة ان تكون 12.8 دقيقة.

وهكذا لقد تعلمنا كيف نختار المحرك بدقة – المروحة – حسابات الأمان – مدة التحليق , لن يتبقى امامك سوى خطة واحدة وهي استخدام جهاز الارسال الاستقبال مع متحكم الكتروني ومتحكم في السرعة بواسطة جهاز الاستقبال , لتطير كالمحترفين .

- مروحة الهليكوبتر Prop Helicopter

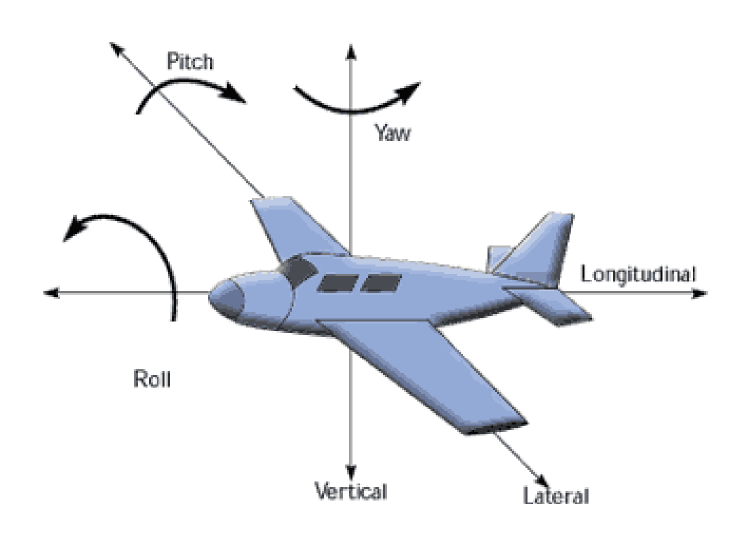
في الحقيقة ان مروحة الهليكوبتر هي الأكثر تعقيدا من بين قائمة الطائرات الاسلكية , بسبب كثرة المكونات وكما قلنا سابقا تجنب بناء مراوح الهليكوبتر يدويا ومع ذلك وضعنا في الملحق في نهاية الكتاب دليل لبناء المراوح الخاصة بالهليكوبتر .التحكم الدوري Cyclic RC Helicopter Control هو ما يجعل طائرات الهليكوبتر تحلق , التحكم الدوري يسمح لطائرة هليكوبتر بالمرور في مكان واحد ، الطيران إلى الأمام fly forward ، الخلف backwards ، اليسار left ، اليمين right ، جنبًا إلى جنب ، الوجه ، اللف roll ، أو أي مجموعة. يتم تعريف جميع الطيران بثلاث حركات أساسية: Yaw - Roll – Pitch



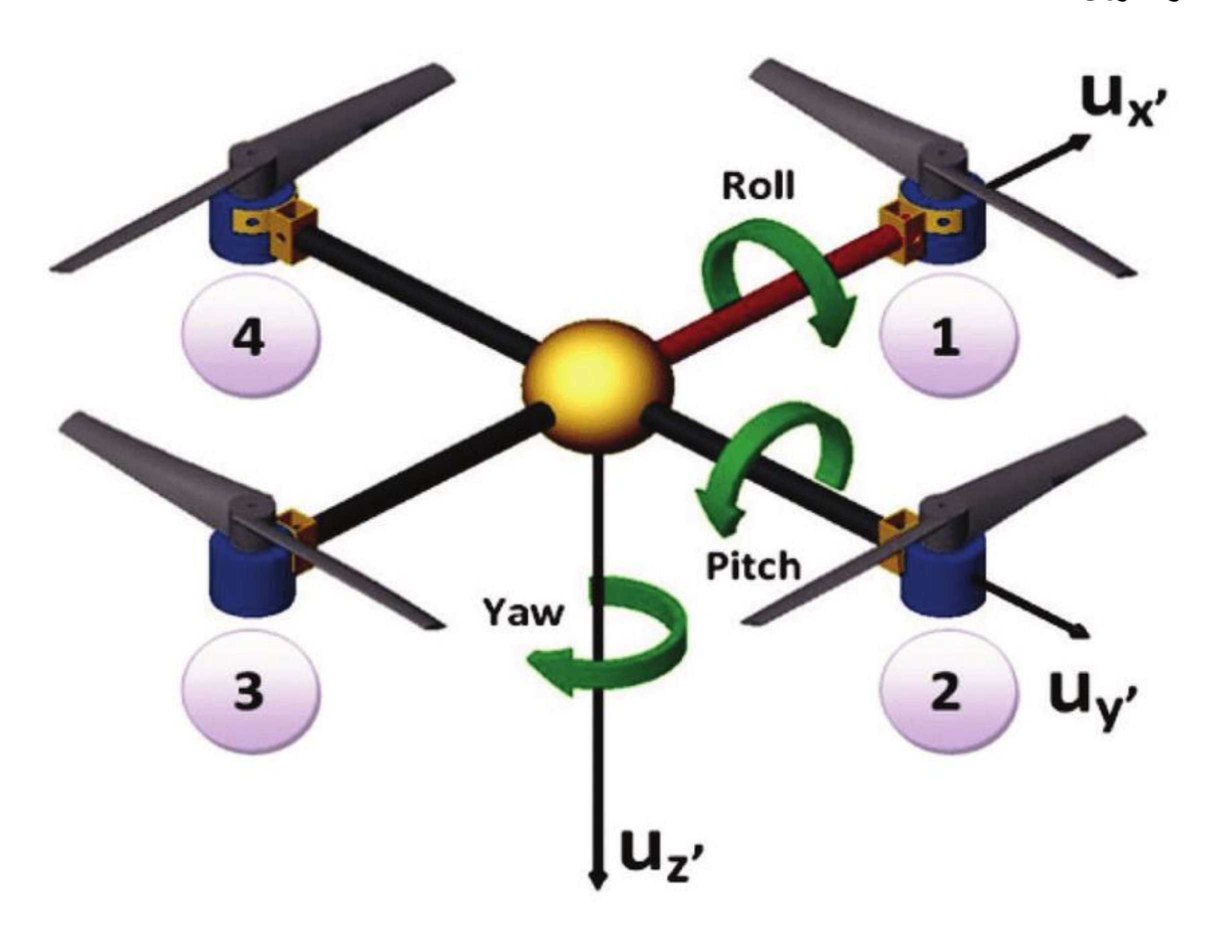
نطبق المحاور اعلاه على طائرة الهليكوبتر :

YAW
PITCH
ROLL
NAVY

وللطائرات الافقية :



والدرون :



عموما , يتم التحكم في كل من pitch و roll في حركة الهليكوبتر بواسطة التحكم الدوري Cyclic RC Helicopter . من بين جميع أدوات التحكم في طائرات الهليكوبتر RC ، تعد cyclic حقًا الأكثر ديناميكية في الطبيعة.

عادةً من قِبل الأشخاص الذين لا يفهمون طائرات الهليكوبتر بالكامل هناك سبب حقيقي لسوء الفهم. معظم أجهزة الراديو RC إن لم تكن كلها تستخدم مصطلحات الطائرات ، وليس مصطلحات طائرات الهليكوبتر.

كل ما نملك من التحكم في pitch واللفة roll يأتي من شفرات الدوار الرئيسية. هذا هو المكان الذي يأتي منه المصطلح "دوري" - دورة شفرة الدوار حيث تحدث في دورة واحدة.

إلى جانب الرفع ، فإن شفرات الدوار ذات المروحية RC الخاصة بنا تنتج أيضًا قوة دفع. هذا هو ما يسمح لطائرتنا المروحية بالطيران إلى الأمام أو الخلف أو الجوانب أو أي مجموعة من تلك التي ذكرناها .

هذا هو المكان الذي تأخذ فيه الطائرة وشفرة الدوار لطائرة الهليكوبتر خصائص مختلفة. الدوار يدور تمامًا مثل المروحة وبالتالي لا ينتج عنه رفعًا فحسب ، بل ينتج عنه أيضًا دفع.

إذا كنت تفكر في الدوار كدافع مراوح ، فمن السهل حقًا فهم كيف يمكن لطائرة هليكوبتر أن تطير في جميع الاتجاهات.

حسنًا ، دعنا نأخذ ذلك النظام الدوار المعقد خارج مروحية RC واستبدله بمروحة بسيطة.

توجد هذه المروحة في أعلى مروحيتنا تمامًا على المستوى الأفقي والمستوى الموازي على الأرض ، وبالتالي فإن قوة الدفع تسحب طائرات الهليكوبتر للأعلى.

في هذا المثال البسيط للغاية ، سترفع المروحية من الأرض وتذهب للأعلى بشكل مستقيم مع زيادة سرعة المروحة أو زيادة pitch .

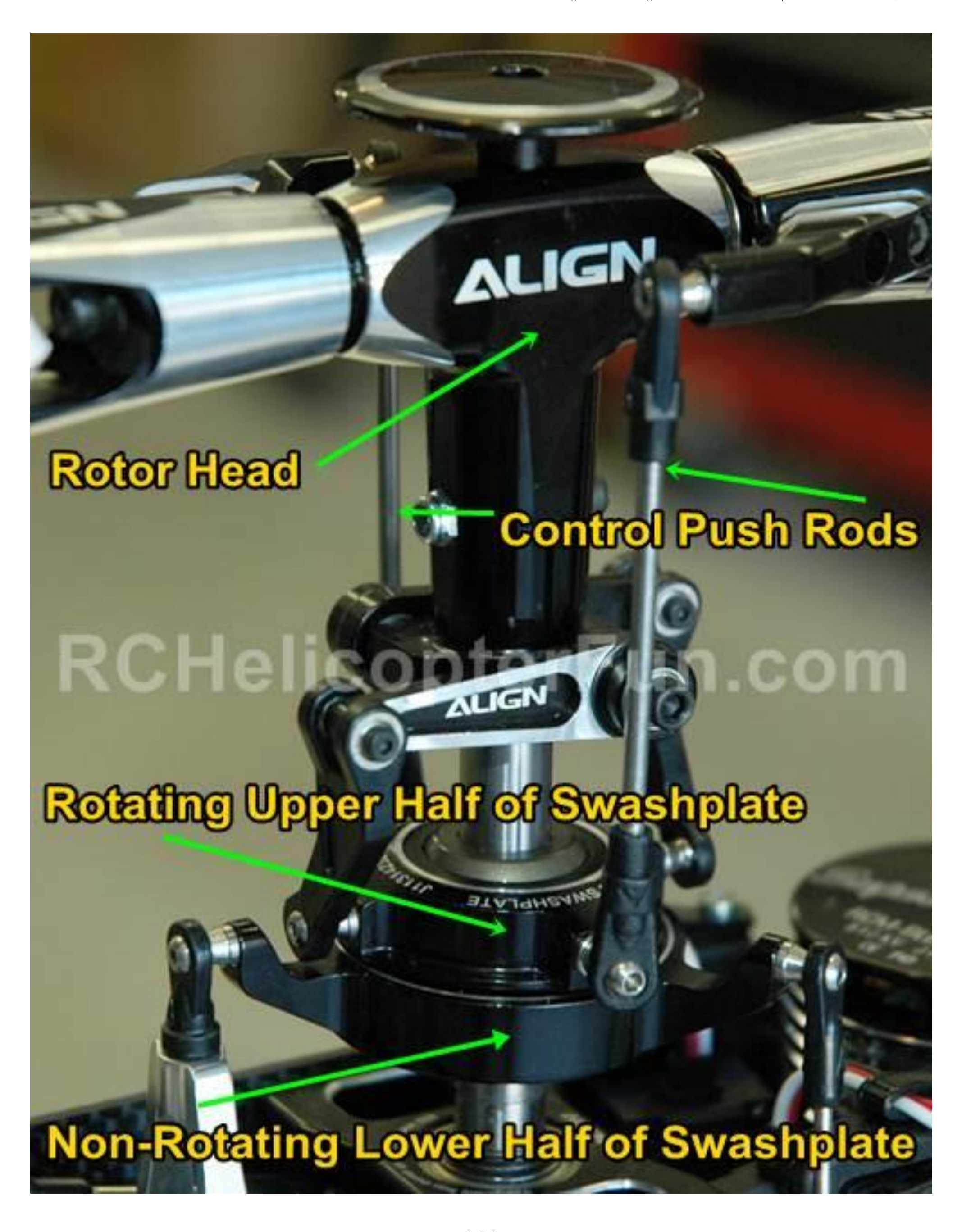
إذا تطابقنا مع مقدار قوة الدفع الناتجة عن المروحة لسحب قوة الجاذبية ، فإن المروحية تحوم .

ولكن كيف سوف تغير الاتجاهات حسب حركات الطائرة الثلاثة ؟ ومن هنا أتت فكرة الدورار ببساطة حتى نتحرك في جميع الاتجاهات .

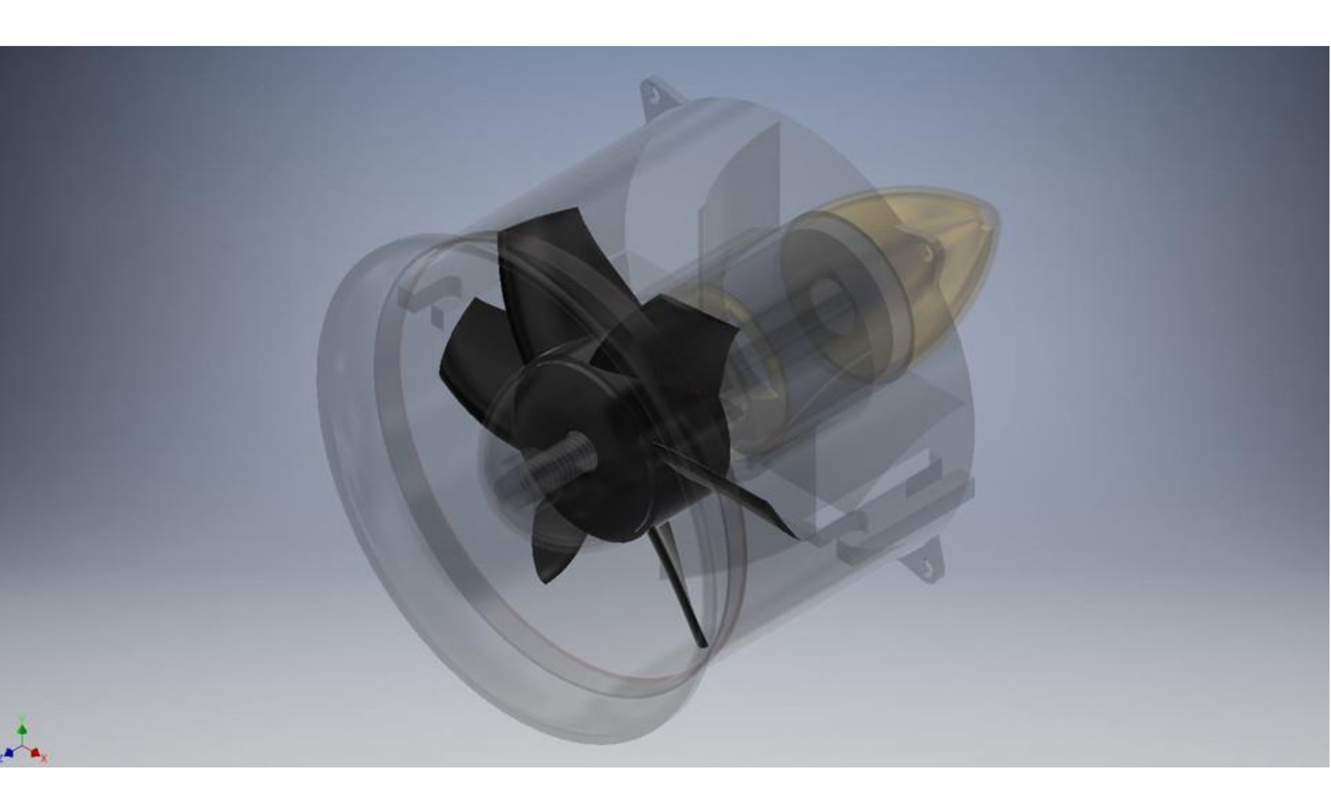
عن طريق تغيير زاوية ميل الشفرة (زاوية الهجوم) لكل شفرة دوارة لأنها تحدث دورة واحدة ، يمكننا تغيير مقدار الرفع (أو الدفع إذا كنت تفضل التفكير في الأمر بهذه الطريقة) ، في أي مكان باستخدام قرص الدوار وبالتالي حرك المروحية في أي اتجاه. هذا هو السبب في أنه يطلق

عليه التحكم في درجة الدوران الدورية أو فقط الدوران البسيط لأن تغيير شفرة الدوار تحدث مرة واحدة خلال كل "دورة" من الدوران.

ولهذا ان مروحة الهليكوبتر بها العديد من الزوايا المختلفة والتي تتحكم في طريقة حركة الطائرة ولهذا يتم استخدام المروحة التي توصي بها الشركات المصنعة .انظر الى مكونات المروحة :



- المحركات الكهربائية النفاثة Electric Ducted Fan (EDF)



محركات الطائرات النفاثة الكهربائية والتي تسمى EDF قد يكون هذا المحرك محظورا في بعض الدول حتى ولو كان كهربائي , ويوجد منه انواع عديد من حيث طريقة التشغيل والوقود وعدد الدورات في الدقيقة وعدد الشفرات والعديد من التفاصيل , على سبيل المثال سوف نقوم بدراسة خصائص المحرك :

Ducted Fan EDF Vasafan 50mm Carbon 7-blades (adapt. 3.17mm)

تم تصميمه من الكربون ، بما في ذلك شفرات الدوار ، مع LIP مدمجة خصيصًا لتحسين الأداء والضوضاء في فئة Jets باستخدام هذا النوع من قطر التوربين. مع هذا يمكن للمرء الحصول على ما يصل إلى دفع g636 باستخدام (البطاريات)





يضمن التصميم الكربوني لـ EDF صلابة وخفة مثالية ، كما أن هيكل محرك الألمنيوم ويحسن الأداء. والمواصفات الفنية هي كالتالي :

EDF Vasafan 50						
motor	cells lipols	Volts	Amps	RPM	Thrust	Watts
B20-4600kv (Mega motor)	2	7	8,8	32 510	192	61,6
	2	8	11,8	36 110	236	94,4
	3	10,3	22,6	45 880	390	232,78
	3	11	26,5	49 200	450	292
HET 240-15 4800kv	2	7	7,9	31 220	178	55
	2	7,7	9,8	34 285	213	76
	3	10,9	19,6	46 000	393	214
	3	11,3	21,6	47 300	416	244
	4	12,8	26,5	52 300	513	339
	4	13,7	30,4	55 200	571	417
	4	15	34,3	58 330	636	515
HET 240-15 6000kv	2	6,6	14,7	36 600	242	97
	2	7,6	19,6	41 000	306	149
	3	10,3	35,3	52 900	525	364
	3	11,3	40.2	56 090	589	455
mini ac 1215/16 3800kv (modelmotors)	2	7,5	2	25 876	123	15
	2	8	2,9	27 665	140	23
	3	11,8	8,8	38 595	270	104
	4	14,8	15,7	46 935	410	232
	4	15,8	17,7	49 561	460	262
mini ac 1215/12 4750kv (modelmotors)	2	7	8,8	32.615	195	62
	2	7,7	11,8	35 709	230	91
	3	10,6	23,6	46 906	410	250
	3	11	25,5	48 367	435	281
	4	14,5	42,2	58 167	635	612

و ايضا

- Length: 42mm
- Inside diam.: 50mm
- Outside diam.: 51mm
- Weight: 18g
- Motor diam. max.: 24.7mm
- Shaft adapter: accepts a 3.17mm DIA motor shaft
- Rotor: 7 blades
- Rotor diam.: 49mm
- Materials: Carbon and aluminium parts
- Battery: 2-4s Lipo (7.2 to 14.4v)
- Input power: 15 to 612 watts
- Max RPM: 58 330
- Static thrust: 123 to 636g

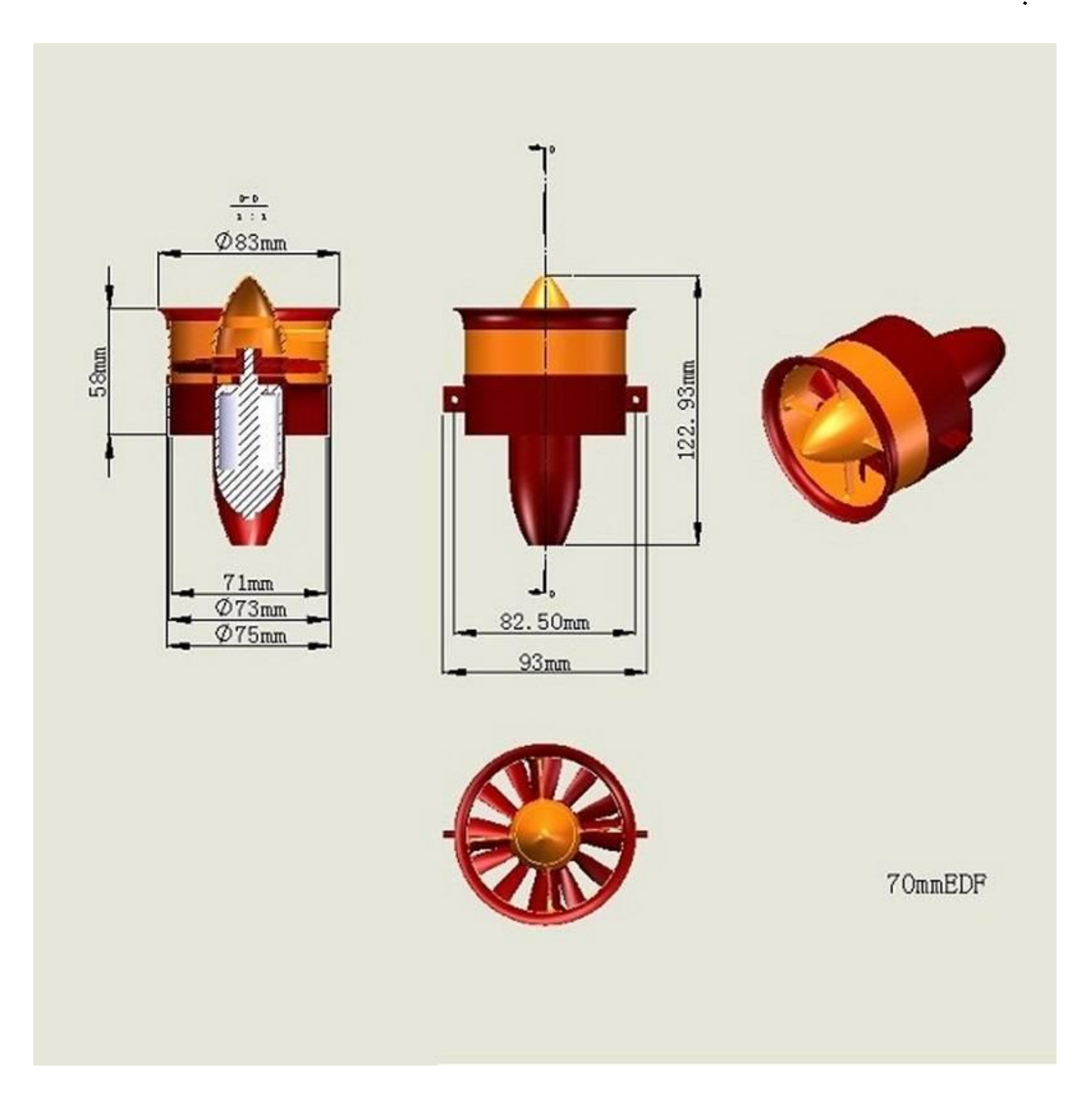
جميع بيانات المحرك تمت دراستها في المحركات سابقا , كل ما عليك فعله هو تصميم الهيكل والوزن المناسب وتركيبه في طائرتك لتحلق كالمحترفين .

يوجد اشكال اخرى للمحرك مثل :

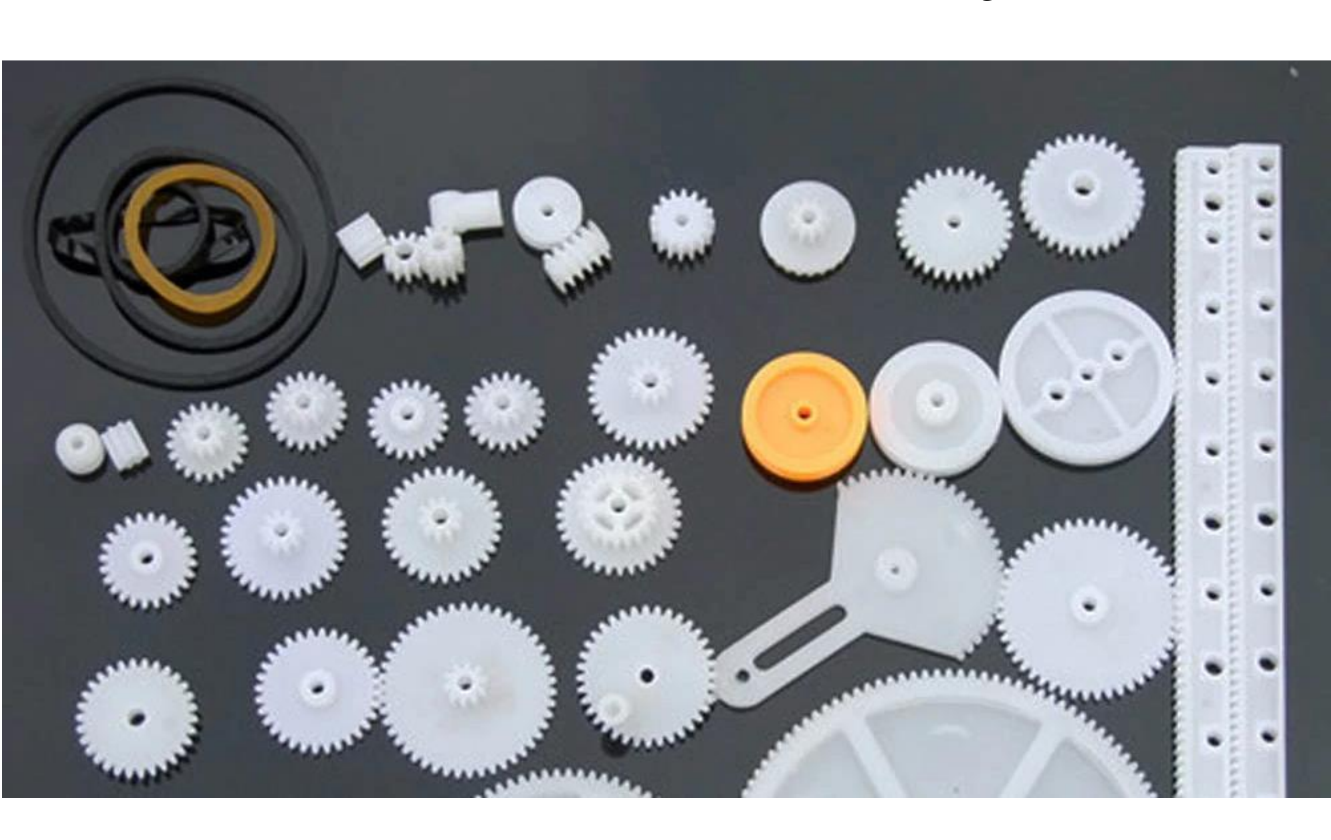




الابعاد :



- علبة التروس Gear Box



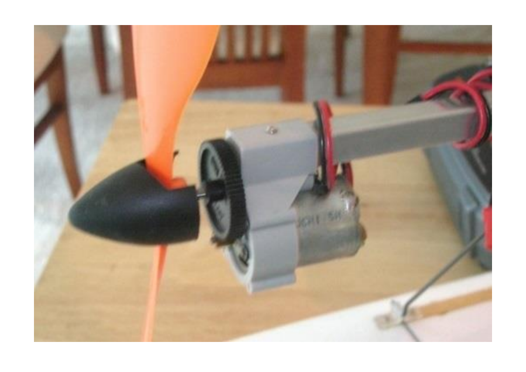
المسننات / التروس Gears هي الطريقة الميكانيكية التي يمكننا بها عمل اتزان يناسب خصائص المحرك فيما يتعلق بالعزم والسرعة , قليلا ما تستخدم المسننات للمبتدئين في الهواية لانها بحاجة الى أسس في علم الميكانيكا ولكن بشكل عام تستخدم لتقليل / زيادة سرعة المحركات او تقليل / زيادة عزم المحرك .

من اهم سلبيات التروس هي انها بحاجة الى تنظيف دائم وتشحيمها حتى لا تتعرض للاحتكاك والذي بدوره يؤدي الى تلف التروس .

التروس قد تستخدم في المحركات الاساسية لتوليد الدفع والرفع او في المحركات الذيلية مثل ذيل الهيليكوبتر .

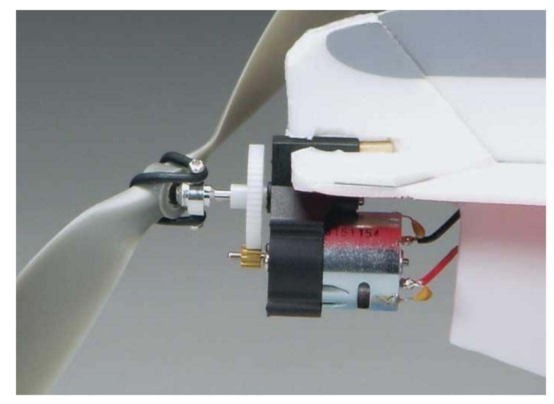
وتكون باشكال واحجام مختلفة مثل :

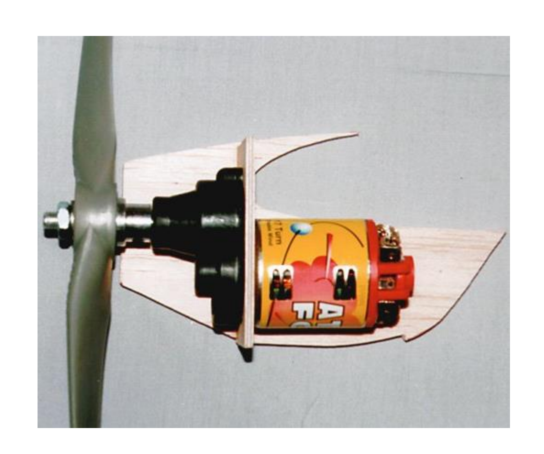




فبعض المحركات كما قلنا سابقا مثل محرك ال DC ذو الفرش بحاجة احيانا الى Gear box الموضح في الصور اعلاه . فمن سلبياته الاضافية انه يزيد من وزن الطائرات الخاصة بنا .

وقد تكون علبة التروس مغلقة او مفتوحة مثل الشكلين التاليين :





لذلك ان علبة التروس من المعايير المهمة لاختيار المحرك الكهربائي الذي ستطير طائرتك به واحرص دائما على اختيار تروس ذات مواصفات جيدة لتتجنب التحطم عند السرعات العالية.

ولكن الى الآن لم ندرس المحركات المسؤولة عن تحريك الاجنحة و Flaps و الذيل الافقي والعامودي ! هل نستطيع استخدام محركات ال DC ؟ في الحقيقة **لا**, سوف ندرس هذا المحركات والتي تسمي ب محرك السيرفو Servo Motor في الدرس التالي والاخير في فصل المحركات .

▪ مُحرك السيرفو (Servo Motor)

هي عبارة عن محركات تيار مستمر عادية DC مزودة بعلبة تروس ميكانيكية مدمجة تؤمن العزم العالي المطلوب (علبة تروس Gear و ناقل حركة Shaft يعطي الحركة عزماً أكبر و دقة كبيرة) للتحرك **بزاوية** معينة وتحتوي على دائرة كهربائية تؤمن للمحرك التغذية والتحكم الشكل اعلاه وادناه انواع لمحركات السيرفو .

استخداماته :

تستخدم محركات ال Servo في تطبيقات الروبوتات الصغيرة و الميكانيزمات التي تتطلب دقة في التحريك و ذلك لما تمتاز به هذه المحركات من عزوم قوية و سهولة و دقة في التحكم ولهذا تستخدم في التحكم بالاجنحة والذيل لاحتياجنا لعزم كبير ودقة .



- آلية العمل

لمحرك ال Servo ثلاثة أقطاب الأول يغذى بالتغذية و الثاني هو الجهد المرجعي GND أما القطب الأخير فهو قطب التحكم. يمرر إلى قطب التحكم نبضات متغيرة العرض PWM ذات عروض ضمن المجال التي توافق دوران للمحرك حسب زاوية معينة مثل 0 – 180 درجة (يستطيع المحرك الدوران لنصف دائرة فقط) و دوران بمقدار 360 درجة (يستطيع المحرك الدوران بشكل دائرة كاملة) , هذه النبضات تطبق بشكل مستمر على المحرك (لا يعمل المحرك بدون نبضات التحكم) , و تجدر الإشارة إلى أهمية حدود عرض النبضة و التردد الملازم لها لأن أي خروج عن المجالات المذكورة يؤدي إلى إتلاف المحرك (سندرس العناصر الكهربائية لاحقا).

اذا محركات السيرفو لا تتحرك حركة مستمرة بل تتحرك في زاوية معينة فمثلا عند التحكم في الذيل فانت تحرك محرك السيرفو بضعة درجات الى اليمين او اليسار , عادة يستخدم السيرفو في الطائرات الافقية اكثر من الانواع الاخرى .

- ميزات محركات السيرفو

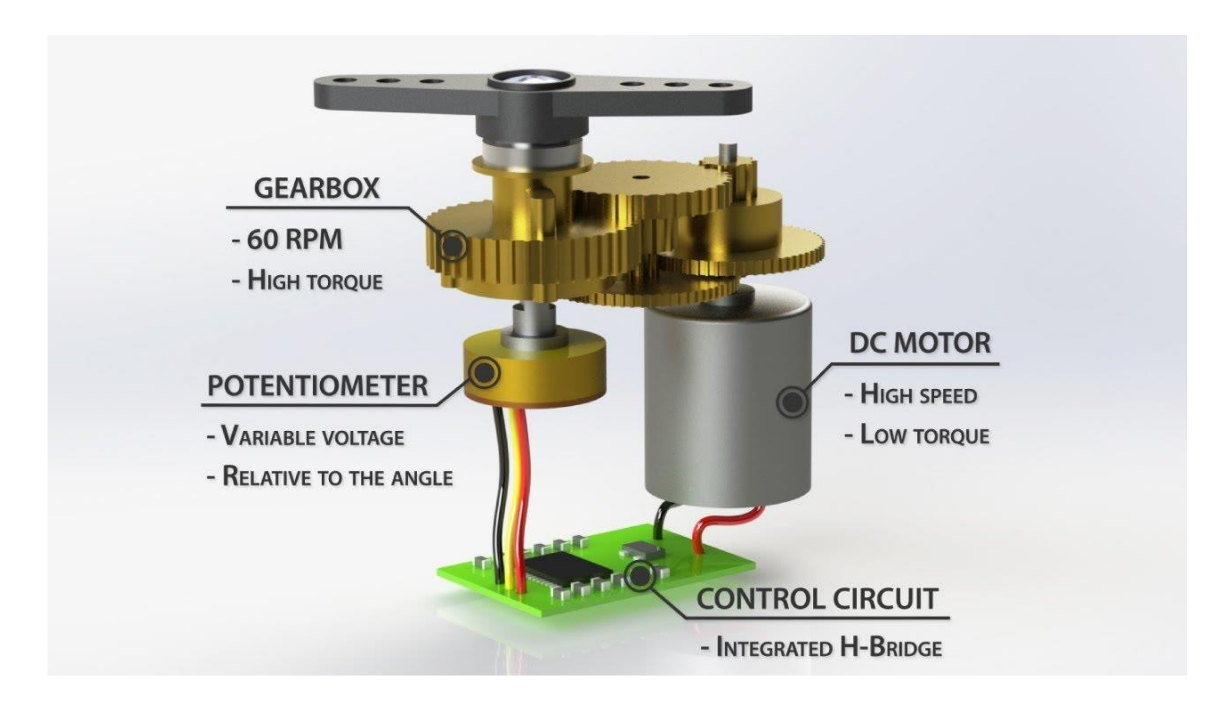
1 - إستهلاك ضعيف للتيار نسبياً مقارنةً مع المحركات الاخرى .

2 - عزوم قوية يمكن أن تصل إلى 40 Kg.cm وذلك لوجود علبة التروس الميكانيكية المدمجة.

3 - التوافر بأحجام مختلفة لتلائم جميع التطبيقات .

4 - إمكانية العمل لفترات طويلة دون ارتفاع في الحرارة.حساسية كبيرة لتغيرات عرض النبضة المطبقة الأمر الذي يتطلب دقة في التحكم.صغر دائرة القيادة مقارنةً مع غيرها من المحركات.

يبين الشكل التالي علبة التروس (المسننات) والمكونات الاخرى الداخلية لمحرك السيرفو :



تضمين النبض Pulse Position Modulation (PPM) ، هي لغة الراديو التي تستخدمها جميع أجهزة الاستقبال للتواصل مع الالكترونيات . أن أجهزة الاستقبال PCM تترجم إشارة PCM من جهاز الإرسال إلى لغة PPM للتحكم بالسيرفو .

- كيفية اختيار محرك السيرفو :

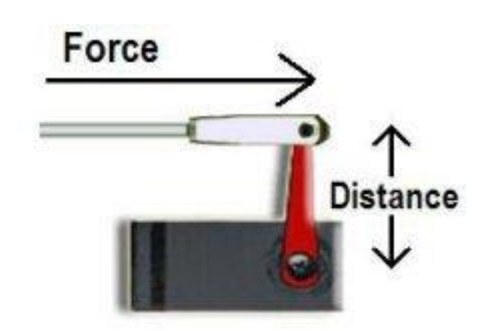
من الآمن دائمًا الالتزام بما تقترحه الشركة المصنعة. ولكن ماذا لو كنت تريد علامة تجارية مختلفة تتناسب مع الراديو الخاص بك؟ أو ربما تريد أداء أفضل من الطائرة الخاصة بك؟

تريد السيرفو أكثر مما يستطيع التعامل مع عزم الدوران المطلوب لتحريك أسطح التحكم بسرعة وبدقة. يتم تعريف خصائص servo بالمواصفات التالية.

عزم الدوران Torque والسرعة Speed والابعاد Dimensions والوزن Weight و يتم تشغيل معظم محركات السيرفو على جهد 5 V .

Torqueعزم الدوران

عزم الدوران هو قياس قوة السرفو. يتم تحديد عزم الدوران بضرب القوة Force المؤثرة على ذراع السيرفو من خلال المسافة من مركز السيرفو . ان الهواء الذي يمر بالطائرة يحاول دائمًا جعل أسطح التحكم تتحرك. يجب على السيرفو "محاربة" مقاومة الهواء لتحريك أو السيطرة على سطح التحكم طبيعيا .



مع زيادة حجم الطائرة ، تزداد مقاومة الرياح التي تعمل على أسطح التحكم. هذا هو السبب في أن الطائرات الكبيرة تحتاج إلى محركات سيرفو مع عزم دوران أكثر مما تتطلب الطائرات الأصغر.

ومع ذلك ، فإن حجم الطائرة ليس هو العامل الوحيد الذي يحدد مقدار عزم الدوران الذي تحتاجه. سيحدد نوع الطائرة التي لديك وكذلك أسلوب الطيران الخاص بك في نهاية المطاف مقدار عزم الدوران المطلوب من السيرفو .

تحتوي الطائرات ثلاثية الأبعاد على أسطح تحكم كبيرة جدًا تتطلب عزم دوران أكثر بكثير من الطائرات الرياضية البسيطة من نفس الحجم. أيضًا ، فيمكنك من خلال عزم دوران اعلى اذا كنت شخص يحب رعشة العصي للقيام بمناورات عنيفة مجنونة.

سرعة السيرفو Servo Speed

تُعرَّف سرعة السيرفو بأنها الحد الأدنى من الوقت الذي يستغرقه ذراع السيرفو لتدوير 60 درجة عند عزم الدوران الأقصى . من الواضح إذا تم استخدام السيرفو على سطح التحكم ، فأنت تريد أن تكون السرعة في أسرع وقت ممكن. إذا تم استخدام السيرفو على جهاز الهبوط ، فربما تريد أن تكون السرعة أبطأ قليلاً . ولكن لا تنخدع بتصنيف السرعة. "السرعة القصوى" لمحركات السيرفو فهي ليست مقياسًا دقيقًا لسرعة استجابة المحرك لحركات العصا من جهاز التحكم .

تعتبر السرعة من المواصفات المهمة للغاية ، ولكن هناك عوامل أخرى سنناقشها أدناه والتي ستحدد في النهاية مدى سرعة استجابة المحرك بدقة لمدخلاتك.

الابعاد والوزن Servo Dimensions and Weight

تتناسب أبعاد ووزن المحرك بشكل مباشر مع متطلبات عزم الدوران. تستخدم طائرات Micro RC الطائرات الصغيرة عزم قليل حيث تتطلب الطائرات العملاقة ذات النطاق الضخم مضاعفات كبيرة جدًا. هناك مضاعفات للمحرك المصممة خصيصا للطائرات الخطوة الأولى هي العثور على سيرفو يلبي متطلبات عزم الدوران لديك ، ثم تأكد من أن الوزن والأبعاد مناسبة لطائرتك.

RC Servo Bearings



ستعمل المحركات ذات المحامل Bearing بشكل أكثر سلاسة وستستمر لفترة أطول

التروس داخل المحركGears Inside RC Servos

تصنع معظم التروس داخل السيرفو من نوع من البلاستيك يسمى النايلون. في بعض الأحيان تحت عزم الدوران الزائد ، سوف تنزع هذه التروس البلاستيكية. إذا كنت محظوظًا ، فستحصل على بعض علامات التحذير قبل حدوث فشل كارثي يدمر طائرتك. للاسف كان هناك العديد من الحوادث بسبب التروس. سيشتري العديد من الطيارين على نطاق واسع السيرفو ذات التروس المعدنية. هذه أغلى ثمناً ويزداد وزنها قليلاً. لكنها ستقاوم عزم الدوران أكثر بكثير من التروس البلاستيكية القياسية ولكن عليك محاربة التآكل .



مجموعات التروس البديلة متوفرة بسهولة لكل من المعدن والبلاستيك. لذلك عندما تقوم بتدمير التروس في السيرفو ، فمن الأرخص استبدال التروس بدلاً من شراء محركات جديدة.

اما طريقة التعامل مع اسلاك السيرفو الكهربائية سوف ندرسها مع درس المتحكمات الالكترونية في هذا الكتاب .

يوجد ايضا محركات السيرفة الخطية لكن نستخدم هذا المحرك , بعض انواع السيرفو المتوفرة في الاسواق :





SIZE: 21.5 * 11.8 * 20.9mm

WEIGHT: 5g

SPEED: 0.12sec/60°@6.0V

TORQUE: 1.0kg.cm(13.89oz/in)

VOLTAGE: 4.8-6.0V

المواصفات الفنية :

WIRE (CM)	SIZE(MM)				WEIGHT		4.8V			6.0V		
	A	B	C	D	g	oz	60°	kg-cm	oz-in	60°	kg-cm	oz-in
18.0	21.5	11.8	20.9	26.0	5	0.18	0.14	0.8	11.11	0.12	1.0	13.89



SIZE: 31.2 * 29.5 * 16.3mm

WEIGHT: 27g

SPEED: 0.12sec/60°@6.0V

TORQUE: 3.5kg.cm(48.62oz/in)

VOLTAGE: 4.8-6.0V

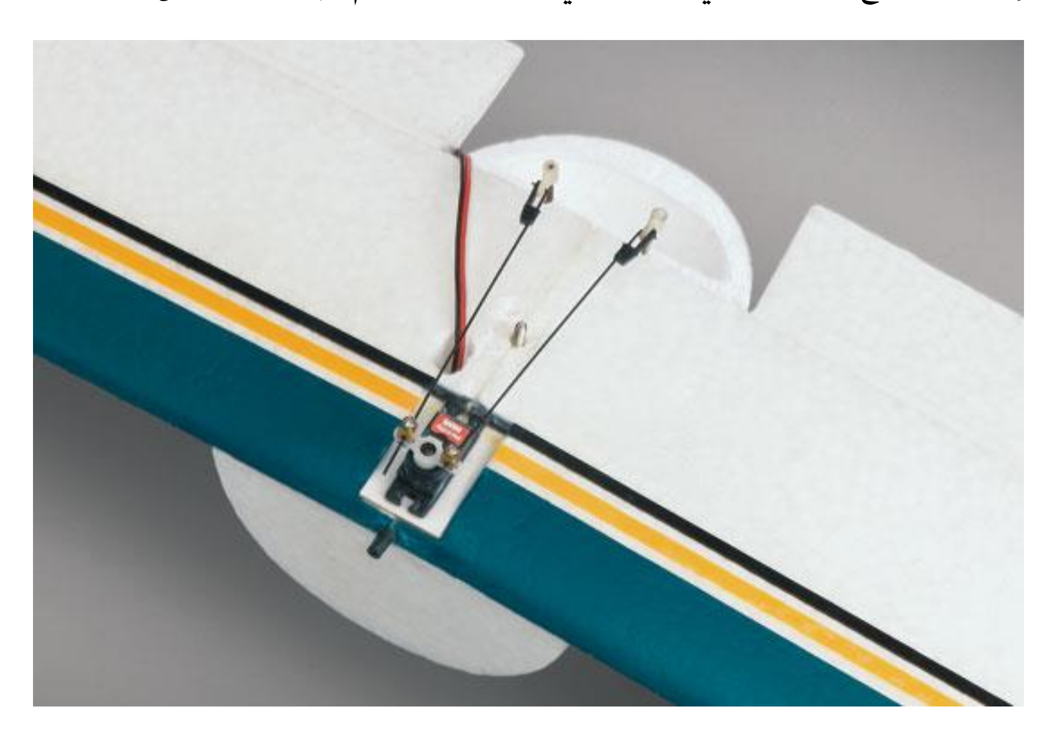
المواصفات الفنية :

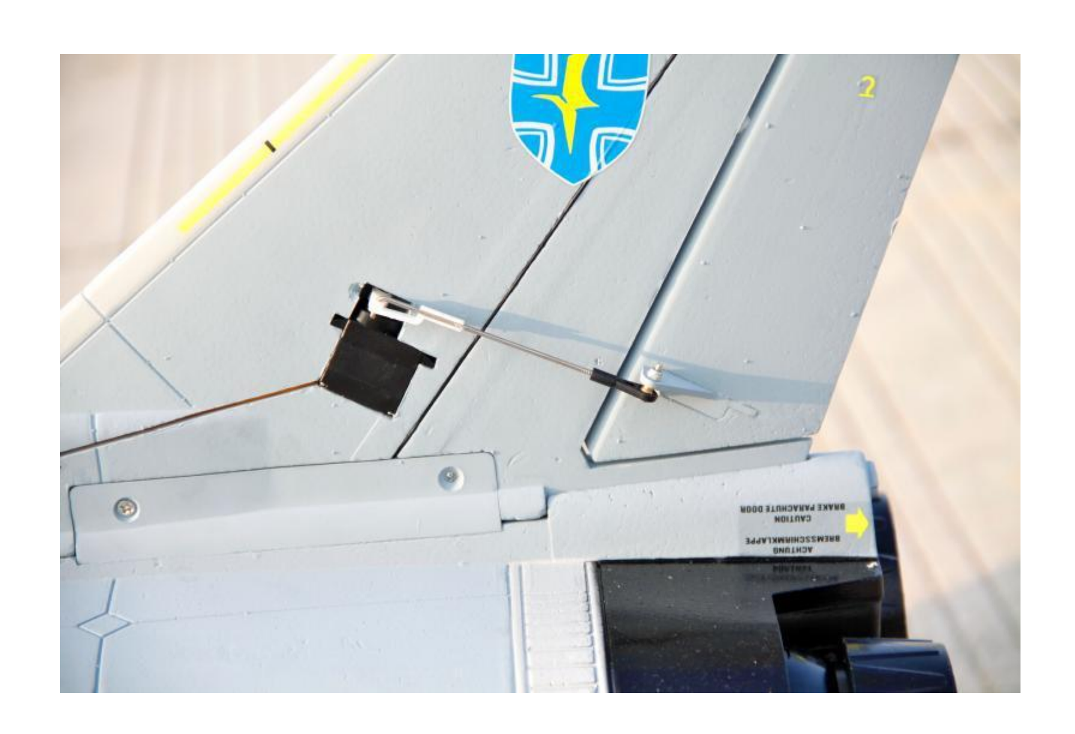
WIRE (CM)	SIZE(MM)				WEIGHT		4.8V			6.0V		
	A	B	C	D	g	oz	60°	kg-cm	oz-in	60°	kg-cm	oz-in
25.0	31.2	16.3	29.5	37.8	27	0.95	0.14	3.0	41.67	0.12	3.5	48.62

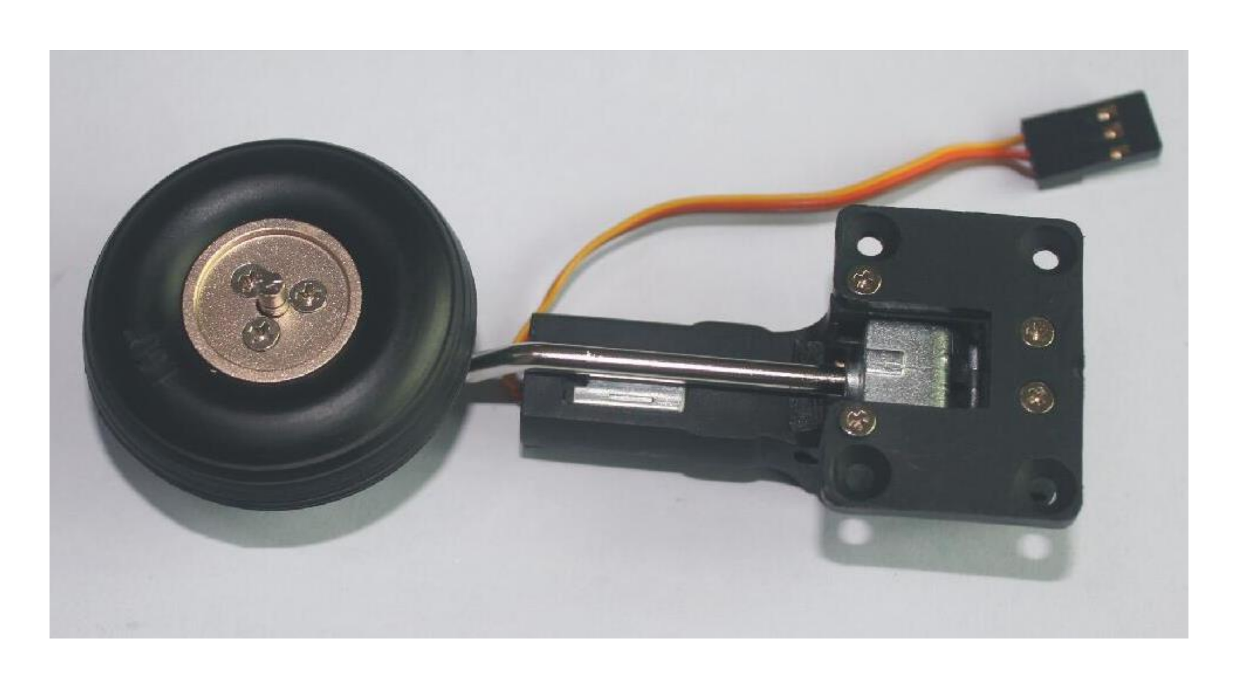
لذلك تختار محرك السيرفو حسب قدرة طائرتك , ويوصى بامتلاك قطعة فحص محرك السيرفو Servo Tester / ESC التالية :



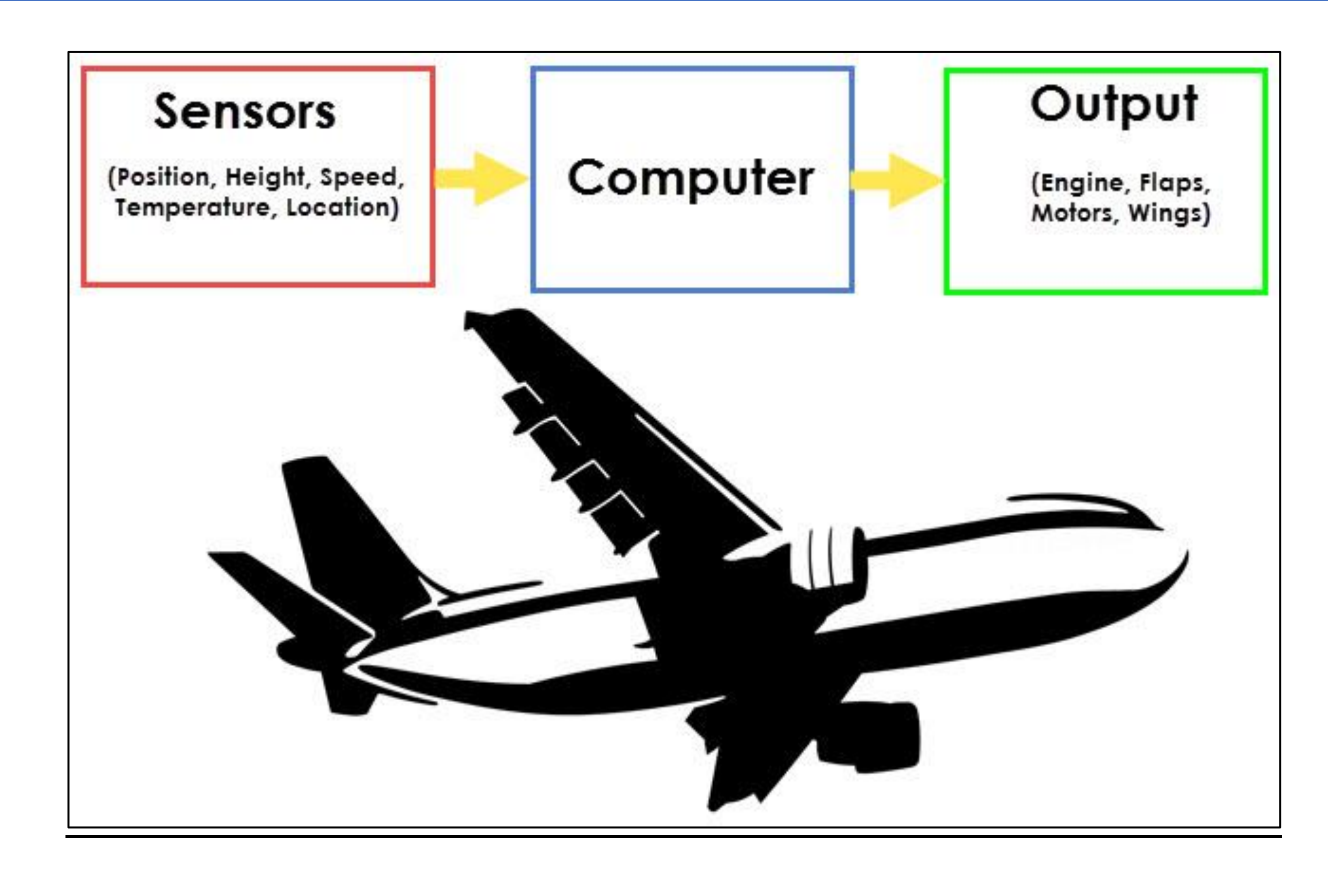
والصور التالية توضح استخدام محرك السيرفو على اجزاء مختلفة من الطائرة الافقية Airplane وذلك مع الذيل الافقي والعامودي والاجنحة ونظام الهبوط Landing Gear .







المستشعرات وانظمة القياس

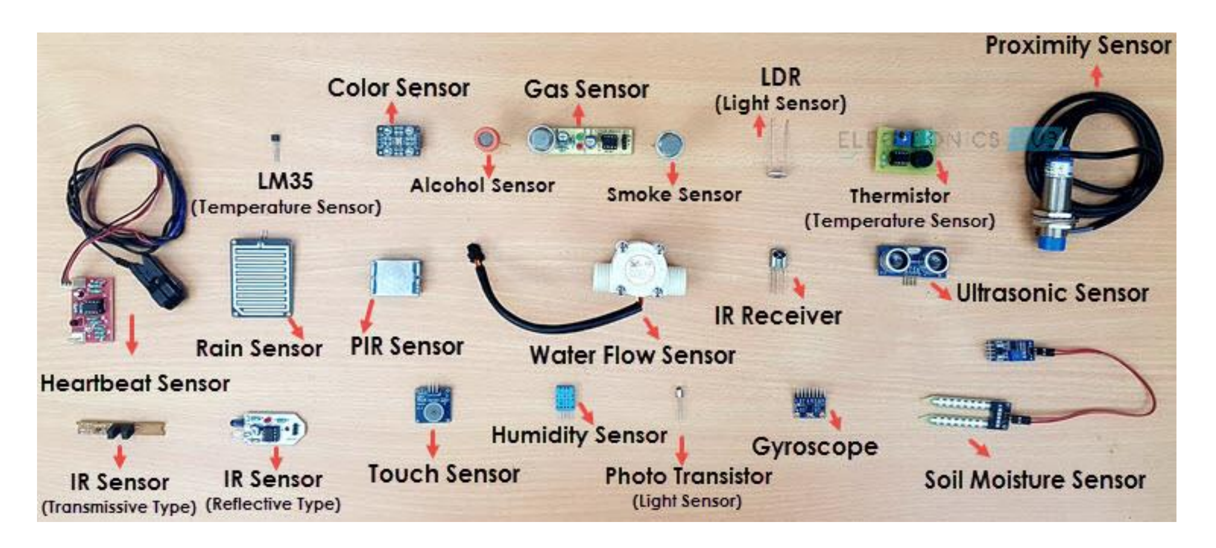


نحن نعيش في عالم من أجهزة الاستشعار او الحساسات. يمكنك العثور على أنواع مختلفة من المستشعرات في منازلنا ومكاتبنا والسيارات وما إلى ذلك تعمل على تسهيل حياتنا من خلال تشغيل الأنوار من خلال الكشف عن وجودنا ، وضبط درجة حرارة الطائرة ، وكشف الدخان أو الحريق ، وعمل قهوة لذيذة ، وفتح أبواب الكراجات بمجرد سيارتنا بالقرب من الباب والعديد من المهام الأخرى.

كل هذه والعديد من مهام الأتمتة الأخرى الممكنة بسبب المستشعرات. في هذا الفصل سوف ندرس ما هو المستشعر ، ما هي الأنواع المختلفة من المستشعرات , والتطبيقات الخاصة بالطائرات .

الحساس او المستشعر او المجس أداة استشعار، يعمل على كشف وتحسس الحالة الفيزيائية المحيطية ، فمنه ما يقيس درجة الحرارة، ومنه ما يقيس الضغط ومنه ما يقيس الإشعاع ومنه ما يقيس الجهد والرطوبة والغاز وغيرها. حيث يقوم بتحويل المعلومات إلى اشارات كهربائية يمكن قياسها أو عدَّها بواسطة جهاز الكتروني. بهذا يمكن لنا معرفة شدَّة المؤثر. كما توجد أنواع منه يمكن ربطها بأجهزة حاسوب وعن طريق البرمجة يمكن تكوين صورة عن توزُّع القياسات، كما هو الحال في التصوير بالرنين المغناطيسي الذي يكشف في الإنسان عن أورام. من الحساسات أنواع كثيرة كل منها تستخدم حسب حاجتها.

الصورة التالية تمثل اشكالا مختلفة لانواع الحساسات التي سوف نستخدم بعضها :



هناك عدة تصنيفات لأجهزة استشعار قام بها مؤلفون وخبراء مختلفون. بعضها بسيط للغاية وبعضها معقد للغاية .

في التصنيف الأول لأجهزة الاستشعار ، يتم تقسيمها إلى "نشط" و "سلبي". المستشعرات النشطة هي تلك التي تتطلب إشارة إشارة خارجية

أجهزة الاستشعار النشطة ، من ناحية أخرى ، لا تتطلب أي إشارة طاقة خارجية وتولد استجابة الإخراج مباشرة.

ويستند النوع الآخر من التصنيف إلى وسائل الكشف المستخدمة في المستشعر. بعض وسائل الكشف هي الكهربائية ، البيولوجية ، الكيميائية ، المشعة الخ . ويعتمد التصنيف على ظاهرة التحويل ، أي المدخلات والمخرجات. بعض من ظواهر التحويل الشائعة هي الكهروضوئية ، الكهروحرارية ، الكهروكيميائية ، الكهرومغناطيسية ، الحرارية ، إلخ. والتصنيف النهائي لأجهزة الاستشعار هي أجهزة الاستشعار التناظرية والرقمية. تقوم المستشعرات التناظرية بإنتاج ناتج تماثيلي ، أي إشارة خرج مستمرة فيما يتعلق بالكمية التي يتم قياسها.

أجهزة الاستشعار الرقمية ، على عكس أجهزة الاستشعار التناظرية ، تعمل مع بيانات منفصلة أو رقمية. البيانات الموجودة في المستشعرات الرقمية ، والتي تستخدم للتحويل والإرسال ، ذات طبيعة رقمية.

فيما يلي قائمة بأنواع مختلفة من أجهزة الاستشعار التي تستخدم عادة في التطبيقات المختلفة. يتم استخدام كل هذه المستشعرات لقياس إحدى الخواص الفيزيائية مثل درجة الحرارة ، المقاومة ، السعة ، التوصيل إلخ.

استشعار الدخان والغاز والكحول

جهاز استشعار درجة الحرارة

استشعار تعمل باللمس

التسارع

مستشعر اللون

مستشعر الأشعة تحت الحمراء

جهاز استشعار الرطوبة

مقياس الضغط

استشعار التدفق والمستوى

أجهزة الاستشعار بالموجات فوق الصوتية

مستشعر الضوء

- مستشعرات الطائرات Aircraft Sensors

ان اختيار المشتسعرات لطائرتك الخاصة ليس امرا اجباريا ولكن اذا كنت تريد ان تشعر وكأنك في طائرة حقيقة وتجعل المتعة في ذروتها يجب عليك دراسة المستعشرات التي قد تستخدمها في بناء طائرتك الخاصة , ومن الممكن اختيار العديد من المستشعرات المتوفرة في الاسواق مثل مستشعر المسافة لتعرف كم ارتفاع طائرتك عن الارض ودرجة الحرارة التي يمكن ان تستدل على معرفة درجة الحرارة الطقس او ربط حساس الحرارة مع نظام تبريد المحرك عندما ترتفع درجة الحرارة يعمل نظام التبريد تلقائيا , او مثلا يمكنك استخدام مستشعر الامطار فعندما تظهر اول قطرة ماء تعطيك الطائرة انذار لتقوم بالتجهيز للهبوط (لان مياه الامطار تدمر المحرك) وبالتأكيد يمكنك استخدام حساس الجيروسكوب لتوازن الطائرة وحساس اتجاه وسرعة الرياح لمعرفة كيف تقلع وتهبط .

وبالتأكيد يجب ان تعلم كيف يعمل الحساس وان تتبع معايير الشركات المصنعة وكيف تختلف الحساسات في طريقة ربطها ومقدار التغذية التي تحتاجه . ويجب ان تعلم قبل استخدام الحساس لا تستخدم انواع رديئة لانها سوف تعطيك قرائات خاطئة ومن المحتمل ان تدمر طائرتك .

ارأيت , ان الحساسات أمر بالغ الاهمية وتجعلك تطير كالمحترفين . حسنا , هيا نبدأ رحلة التعرف على انواع واشكال وخصائص الحساسات , وفي درس المتحكمات الالكترونية سنتعرف على كيفية ربط الحساسات بالطائرة الخاصة بنا .

- حساس الموجات فوق الصوتية (Ultrasonic)

هذا الحساس سوف نراه كثيرا في عالم الطائرات نظرا لتوفره وسهولة استخدامه , له اكثر من شكل ومن اشكاله المتوفرة ما يلي :





الوظيفة :

يقوم مستشعر الموجات فوق الصوتية بقياس المسافة , بالتأكيد تريد معرفة ارتفاع طائرتك عن الارض اثناء التحليق . ولكن عادة يستخدم هذا المستشعر مع الطائرات ك رادار للكشف عن وجود اجسام بقرب من الطائرة .

طريقة العمل:

يقوم باطلاق موجات صوتية عالية التردد عن طريق منفذ Trig لا يمكن للأذن البشرية سماعها وعند اصطدام هذه الموجات بجسم ما , ترتد على شكل صدى Echo ،عند ارتداد هذه الموجات يتم حساب الزمن الذي استغرقته للعودة إلى المستشعر وحساب المسافة باستخدام العلاقة البسيطة التالية :

$$\text{السرعة} = \frac{\text{المسافة}}{\text{الزمن}}$$

اذا , المسافة = الوقت * السرعة

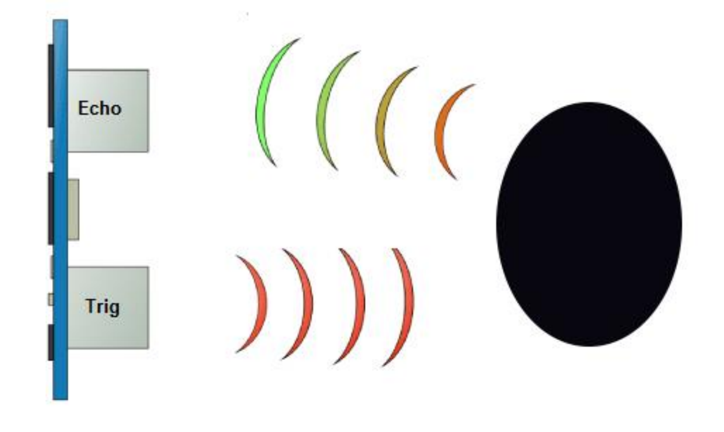
حيث السرعة تكون ثابته وهي سرعة الصوت 340 متر في الثانية عند 25 سيلسيوس و تختلف من وسط لأخر حسب الوسط الناقل كالسوائل و الغازات و الأجسام الصلبة .

سنركز على انتقال الموجات فوق الصوتية في الفراغ . ولكن هنا نحسب الاشارة بـ سنتيمتر وسوف تكون سرعة الصوت تساوي 0.0340 سنتيمتر ولكن نلاحظ بالصورة ب أن المستشعر سوف يقوم بإرسال وإستقبال إشارة وذلك يسمح بإن تكون قيمة المسافة تتضاعف ونحتاج لتقسيمها على 2 لتصبح المعادلة بالشكل النهائي :

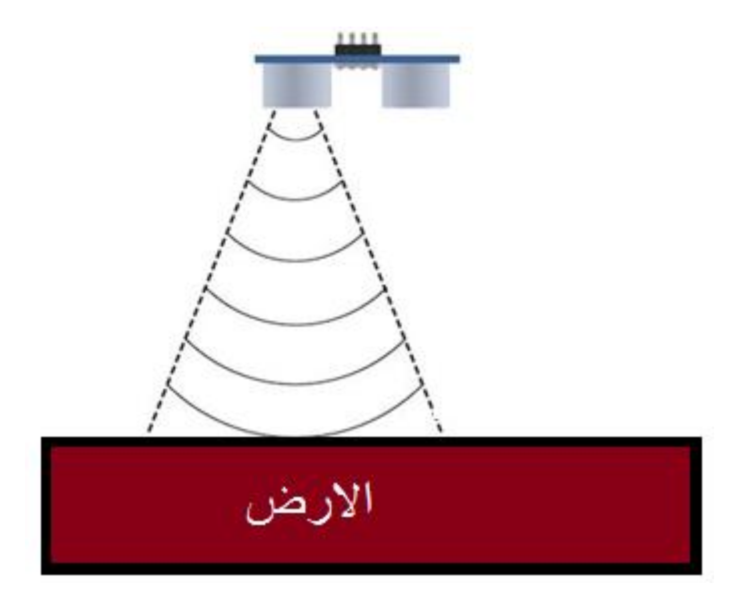
المسافة = الوقت *السرعة / 2 .

تختلف أقصى حد للمسافة في هذا الحساس حسب الموديل والشركة الصانعة سوف ندرس HC – SR04 .

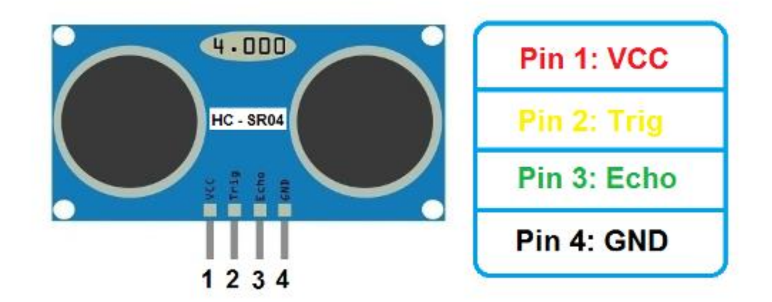
الشكل التالي يوضح طريقة العمل :



وحتى يعمل الحساس يجب مراعاة اقصى مسافة وان يكون الحساس موازي مع الارض كالتالي:



اطراف الحساس :



حيث ان:

VCC = +5V DC

GND = Ground

Echo = Digital

Trig = Digital

المواصفات الفنية حسب الكتالوج :

Working Voltage	DC 5 V
Working Current	15mA
Working Frequency	40Hz
Max Range	4m
Min Range	2cm
MeasuringAngle	15 degree
Trigger Input Signal	10uS TTL pulse
Echo Output Signal	Input TTL lever signal and the range in proportion
Dimension	45*20*15mm

حسنا ينبغي ان نقول ان هذا الحساس سيئ جدا لماذا ؟ حتى يعمل هذا الحساس يجب ان يكون موجه باتجاه الارض حتى يرسل اشارة الى الارض تم ترتد الى الحساس ولهذا انت محصور في اعلى مسافة تصنيعية للحساس مثل النوع اعلاه فقط يمكنك استخدامه لارتفاع 4 م, والمشكلة الاكبر هي انك لا تستطيع استخدامه الا اذا كانت الطائرة في حالة مستوية اي ان يكون رأس الحساس موازي تماما لسطح الارض , فلا يجوز اخذ القراءات اثناء الاقلاع او الهبوط لان الطائرة لا تكون مستوية في المحور X .

ما الحل ؟ سنتعرف على الحل في الحساسات التي صنعت خصيصا للطائرات في هذا الدرس ولكن بعض المبتدئين يستخدمون هذا الحساس بسبب توفره وسهولة استخدامه.

- حساس درجة الحرارة LM35

هو حساس لقياس درجة الحرارة ذا خرج فولتي متناسب خطيًا مع درجة الحرارة بالمقياس المئوي

مواصفات الحساس:

1 - دقة هذا الحساس 0.05% و هي جيدة بالنسبة لمعظم الطائرات .

2 - جهد تغذيته يتراوح من v4 إلى v30 نستطيع تأمينه بسهولة من بطاريات LIPO .

3 - درجات الحرارة التي يتعامل معها تتراوح من 55 تحت الصفر إلى 150 درجة مئوية فوق الصفر وهي ممتازة (-55 الى 150) .

4 - الحرارة الذاتية منخفضة،C° 0.08، و ذا مقاومة خرجية منخفضة

5 - حساسية mv/c 10 , أذن كل 10 ملي فولت على المخرج تساوي 1 سيلسيوس

المواصفات من الكتالوج :

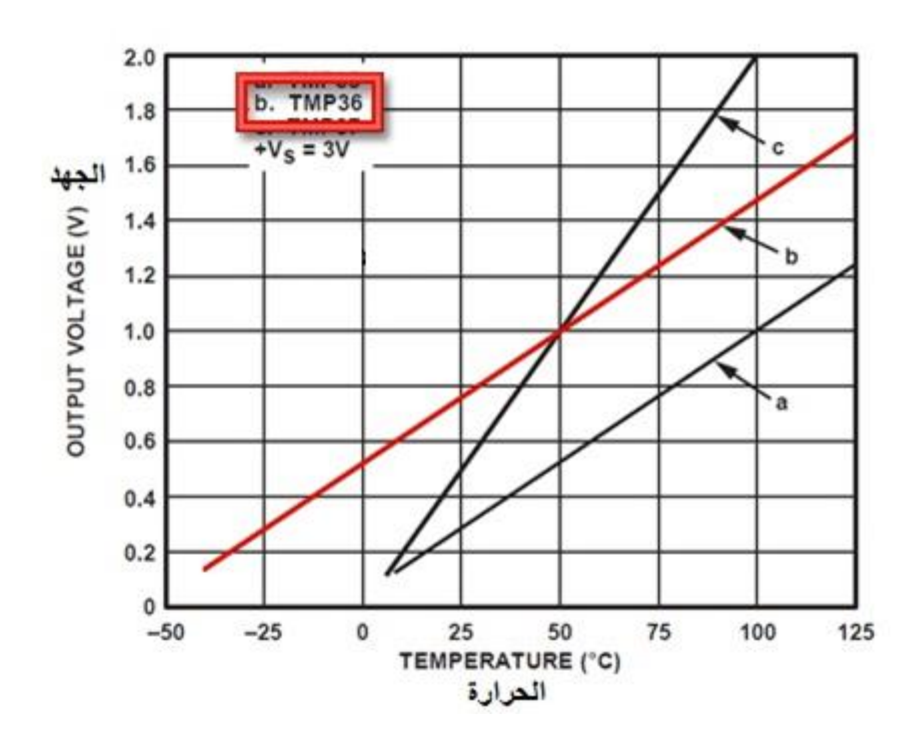
1 Features

- Calibrated Directly in Celsius (Centigrade)
- Linear + 10-mV/°C Scale Factor
- 0.5°C Ensured Accuracy (at 25°C)
- Rated for Full −55°C to 150°C Range
- Suitable for Remote Applications
- Low-Cost Due to Wafer-Level Trimming
- Operates From 4 V to 30 V
- Less Than 60-µA Current Drain
- Low Self-Heating, 0.08°C in Still Air
- Non-Linearity Only ±¼°C Typical
- Low-Impedance Output, 0.1 Ω for 1-mA Load

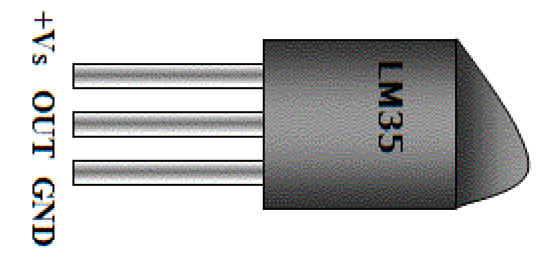
2 Applications

- Power Supplies
- Battery Management
- HVAC
- Appliances

العلاقة بين الجهد ودرجة الحرارة لحساس LM35



اطراف حساس الحرارة LM35



يمكن استخدام هذا الحساس لمراقبة درجة حرارة المحرك والانظمة الالكترونية للطائرة وايضا يمكن قياس درجة حرارة الجو حتى يتمكن الطيار من ادراك خطورة الطيران اثناء الاجواء الحارة جدا او الباردة جدا لان ذلك له تاثير سلبي على البطاريات والمحركات كما درسنا سابقا .

او يمكن تشغيل واطفاء نظام تبريد المحرك حسب حرارة المحرك لتوفير شحن البطارية !

- مستشعر سرعة واتجاه الهواء WIND SPEED WIND DIRECTION SENSOR



يثبت هذا المستشعر على الأرض فمن الضروري للطيار ان يعرف سرعة واتجاه الرياح وذلك له اثر على الاقلاع والهبوط والتحليق.

لهذا المستشعر خصائص كثيرة سوف نتيح للمتعلم اختيار النوع حسب التكلفة التي يستطيع تحملها , فمنه انواع مزود ب شاشة رقمية ومنها يجب توصيلها الى جهاز الحاسوب او متحكم الكتروني , ومن اهم خصائص عدد الدورات التي يتحملها وهي تقاس بالملايين وكم ادنى واعلى سرعة يستطيع قياسها اضافة الى الدقة وكم يجب ان يكون ارتفاعه وعدد الشفرات التي يستخدمها . على سبيل المثال المواصفات ادناه تبين خصائص النوع الموجود في الصورة اعلاه Wind Speed Direction Sensors / 05103-L

Specifications	
Operating Temperature Range	-50° to +50°C (assuming non-riming conditions)
Mounting Pipe Description	➢ 34 mm (1.34 in.) OD ➢ Standard 1.0-in. IPS schedule 40
Housing Diameter	5 cm (2.0 in.)
Propeller Diameter	18 cm (7.1 in.)

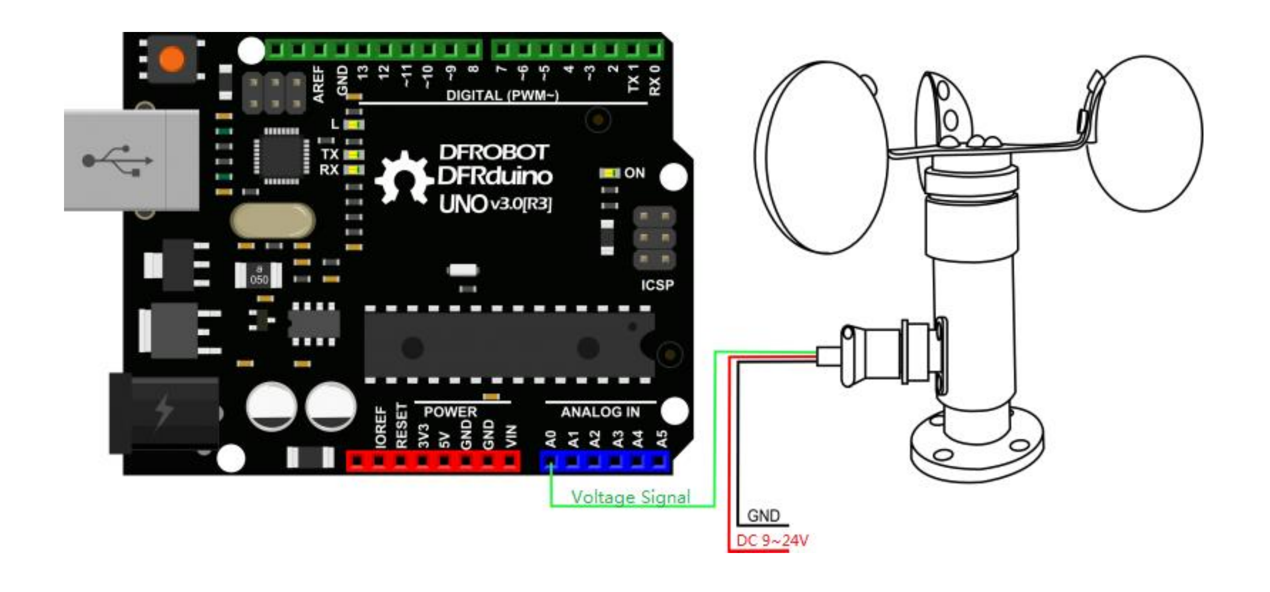
Height	37 cm (14.6 in.)
Length	55 cm (21.7 in.)
Weight	1.5 kg (3.2 lb)

Wind Speed	
Range	0 to 100 m/s (0 to 224 mph)
Accuracy	±0.3 m/s (±0.6 mph) or 1% of reading
Starting Threshold	1.0 m/s (2.2 mph)
Distance Constant	2.7 m (8.9 ft) 63% recovery
Output	ac voltage (three pulses per revolution) 90 Hz (1800 rpm) = 8.8 m/s (19.7 mph)
Resolution	(0.0980 m s^{-1}) / (scan rate in seconds) **or**(0.2192 mph) / (scan rate in seconds)

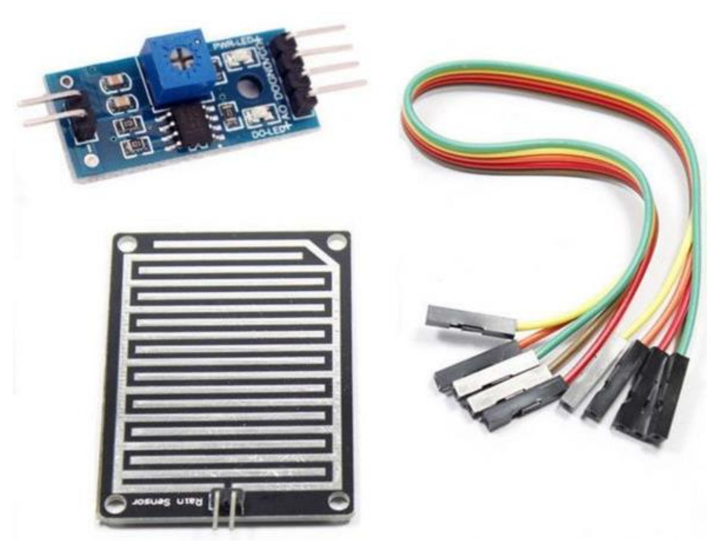
Wind Direction	
Mechanical Range	0 to 360°
Electrical Range	355° (5° open)
Accuracy	±3°
Starting Threshold	1.1 m/s (2.4 mph) at 10° displacement

Distance Constant	1.3 m (4.3 ft) 50% recovery
Damping Ratio	0.3
Damped Natural Wavelength	7.4 m (24.3 ft)
Undamped Natural Wavelength	7.2 m (23.6 ft)
Output	Analog dc voltage from potentiometer (resistance 10 kohm) Linearity is 0.25%. Life expectancy is 50 million revolutions.
Voltage	Power switched excitation voltage supplied by data logger

بشكل عام يمكن ربط هذه الحساسات مع الاردوينو مثلا :



- استشعار كشف قطرات المطر Raindrops Detection Sensor



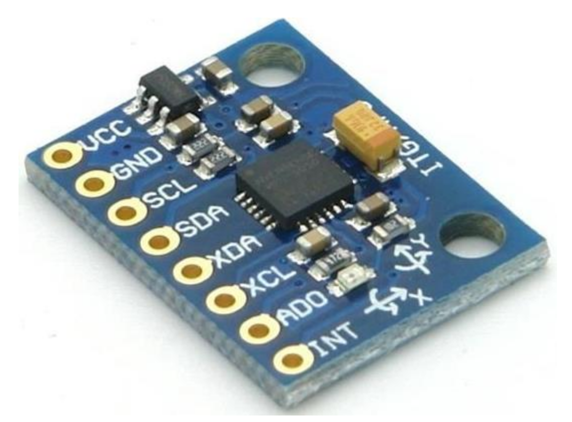
اثناء التحليق في طائرتك في اوقات فصل الشتاء قد لا تلاحظ الى الامطار المتساقط التي ستدمر محرك الطائرة الخاصة بك علما ان 95% من الهواة لا يستخدمون محركات ضد الماء لهذا هذا الحساس مهم جدا استخدامه في الطائرات تجنبا للوقوع في هذه المشكلة الكبيرة .

يمكن لهذا الحساس ان يكشف عن وجود الامطار وايضا يستطيع اعطاء تفاصيل عن حجم قطرة الماء! وهو صغير وخفيف الوزن .

- مقياس معدل التسارع Accelerometer

الطريقة التي يعمل بها مقياس السرعة هو حساب قوة الجاذبية ، الآن إذا بدأت التحرك إلى الأمام يبدأ الآن الشعور بالضغط في اتجاة الامام فيقوم المستشعر بقياس هذا التسارع بالكشف عن التغيير في ضغط الجاذبية. لذلك إذا شعر أن قوة الجذب للأمام فيعلم أنك تتحرك إلى الأمام، ونفس الحال في حال التحرك للخلف، وهكذا. ولهذا المستشعر ثلاثة محاور إلى الأعلى / يسار / يمين يرسمون معاً الاتجاه الذي تسير خلاله. ويوجد منه انواع كثيرة .

مثال : ACCELEROMETER GYROSCOPE-6 AXIS



يحتوي MPU6050 على كلاً من الجيروسكوب ثلاثي المحاور ومقياس التسارع ثلاثي المحاور ، مما يتيح إجراء قياسات لكلٍّ منهما بشكل مستقل ، ولكن جميعها تتمحور حول نفس المحور ، مما يلغي مشاكل أخطاء المحاور المتقاطعة عند استخدام أجهزة منفصلة.

عموما من الارجح ان نقول ان مقياس التسارع هو جهاز يقيس التسارع الصحيح للطائرة ، وهو تسارع بالنسبة للسقوط الحر ، أو بالقصور الذاتي .

يتم استخدام البيانات من التسارع في التنقل بالقصور الذاتي inertial ، مثل تحديد سرعة الطائرة بدون طيار. بعد تجميع جميع البيانات من التسارع في IMU ، تقوم بعد ذلك بترجمة هذه البيانات إلى معالج مركزي يشير إلى اتجاه وسرعة الطائرة بدون طيار للمستخدم.

مقياس التسارع وحده غير مناسب لتحديد تغيرات الارتفاع عبر المسافات ، لذلك يتم استخدامه بجانب جيروسكوب. إذا لم يتم معايرة مقياس التسارع بشكل صحيح ، فقد تصبح رحلة الطائرة بدون طيار غير آمنة.

- رقاقة جيروسكوب الرقمية Digital gyro

تبدو رقاقة جيروسكوب الرقمية مشابهة، ولكنها مختلفة لحد كبير. حيث أنها تعمل باستشعار ثلاثة محاور أخرى X Y Z ولكنه يكتشف طريقة الدوران في جميع الاتجاهات، حيث لايعلم المستشعر ما هو الاتجاه الذي تذهب إليه ولكن لدى الرقاقة القدرة على التعرف على نفسها أنها لم تعد بالوضع الصحيح: "مائلة إلى إحدى الجهات" أو "مقلوبة رأساً على عقب". وهي تسمح أيضاً بقراءة معدل التسارع ومقدار القوة، وعادة ما تستخدم في الطائرات.

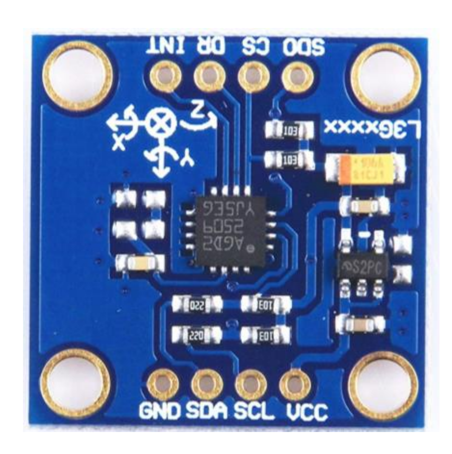
الجيروسكوب يساعد في الحفاظ على موقف الطائرة. الجيروسكوب الأصلي كما درسنا سابقا هو عجلة دوارة أو قرص حيث يكون محور الدوران حرًا في افتراض أي اتجاه بمفرده. الجيروسكوبات الحديثة المستخدمة في الإلكترونيات الدقيقة عبارة عن هياكل ميكانيكية ميكانيكية صغيرة يمكن أن تتفاعل مع الإلكترونيات ، والمعروفة باسم أنظمة الكهروميكانيكية الدقيقة (MEMS).

كل طائرة أثناء الطيران ، تواجه باستمرار العديد من القوى القادمة من اتجاهات مختلفة ، مثل الجاذبية ، والرياح ، وما إلى ذلك والتي تؤثر على انحراف الطائرة yaw, pitch, and roll. يحتاج الجيروسكوب إلى مواجهة هذه القوى على الفور تقريبًا ، للحفاظ على استقرارها أو تحويمها بشكل مستقر.

يمكن لهذه الجيروسكوبات المتكاملة أن تكشف على الفور تقريبًا عن التغييرات في موضع الطائرة. يتم تغذية المعلومات من جيروسكوب إلى سائقي التحكم في المحركات للتحكم في سرعة المحركات. وبالتالي ، فإنه يعوض عن التغيير في الموقف ، بطريقة تبدو الطائرة بدون طيار بشكل أساسي غير متأثرة لأنها تعيد ضبط موقعها مئات المرات كل ثانية. هذه هي الطريقة التي تتحمل بها الطائرات بدون طيار الرياح وتحوم بسلاسة.

يضمن الجيروسكوب أيضًا أن الطائرات بدون طيار تدور بزاوية محددة وهو أمر متوقع من خلال عناصر تحكم المستخدم. هناك 3 محاور ، جيروسكوب ثلاثي الأبعاد وجيروسكوبات أكثر تقدمًا. إذا كانت الطائرة تستخدم مقياس تسارع أو جيروسكوب أفضل بكثير ، فستكون أفضل للتطبيقات المتقدمة مثل التصوير الفوتوغرافي أو الصور ثلاثية الأبعاد.

والصورة التالية توضح الموديل GY-50 L3GD20 3-Axis :

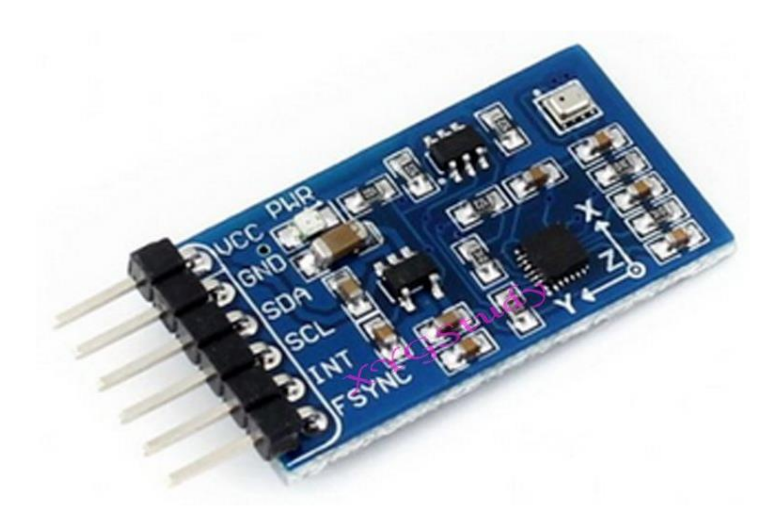


وهذه موديل آخر NX3 3-Axis Airplane Gyro RC



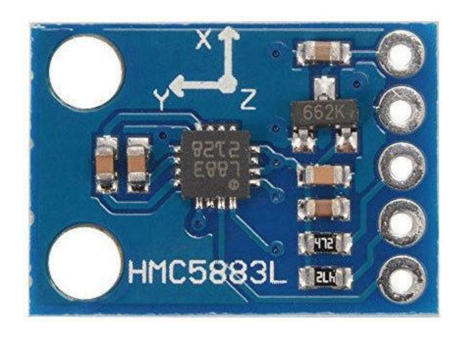
- IMU - Inertial Measurement Unit

تتكون وحدة IMU من معظم أجهزة الاستشعار الخاصة بالطائرة مثل مقياس التسارع ، الجيروسكوب ، البارومتر ، مقياس الحرارة مثال عليه :10 DOF IMU MPU9255 BMP280



- المغناطيس الرقمي Magnetometer

تستخدم رقاقة المغناطيس الرقمي في سد الثغرة العاجزة عن تحقيقها رقاقة (جيروسكوب الرقمية) و (مقياس معدل التسارع) وهي معرفة درجة الدوران. حيث أن درجة حساسيتها أكثر، لإنها تعمل باستخدام الحقل المغناطيسي وذلك باستشعار مجال المغناطيس على الأرض. لذلك من الناحية الفنية أنها تحدد قوة المغنطة في اتجاه الشمال تماماً كما تفعل البوصلة. وفي هذه الحالة يكون المحور Y متجهاً للشرق و Z هو المركز. وبذلك يعرف الموديول أو الرقاقة أنه مقلوب رأساً على عقب , على سبيل المثال الموديل Magnetometer Sensor HMC5883L .



- البوصلة باستخدام نظام تحديد المواقع للاتجاه GPS

فيما سبق، قامت الرقائق بوصف وتحديد حركة الطائرة من حيث السرعة و زاوية الدوران و الإتجاه وما شابه، ولكن لازالت هذه المستشعرات غير قادرة على تحديد الموقع بالنسبة لخطوط الطول والعرض، وهذا ما يقوم هذا المستشعر بتحقيقه. فعند قراءة مخرجات هذا المستشعر نعرف بدقة أين توجد الطائرة بالإحداثيات الجغرافية , ومثال عليه الموديل :

Aircraft Telemetry GPS Sensor (SPMA9587)



والموديل : MCU STM3251

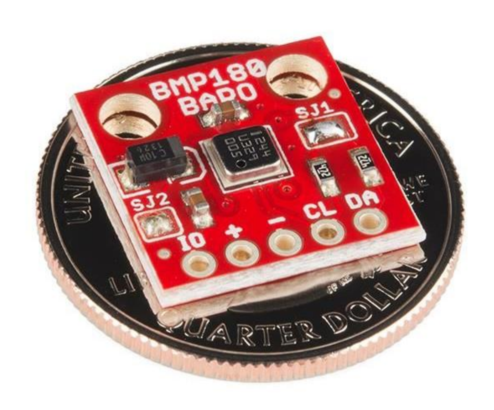


- مستشعر الضغط الجوي BAROMETRIC PRESSURE

مقياس يقيس التغيرات في الارتفاع. مبدأ عمل البارومتر هو تحويل الضغط الجوي إلى ارتفاع. يمكن لمستشعر الضغط اكتشاف الضغط الجوي للأرض. تساعد البيانات من Barometer في التنقل بدون طيار وتحقيق الارتفاع المرغوب فيه. بيانات دقيقة عن سرعات الصعود والنزول هي أمر حيوي للغاية لمراقبة الطيران.

وبالتالي فإن وحدة IMU ، أو وحدة القياس بالقصور الذاتي ، هي جهاز إلكتروني يقيس ويعالج البيانات التي تم جمعها من جميع المستشعرات أعلاه ، وهذا بدوره يعطينا بيانات حول القوة المحددة للطائرة ، والسرعة الزاوية ، والارتفاع ، إلخ.

تقوم معايرة IMU على سطح مستوٍ بتحديث مجموعة من القيم . إذا كانت المركبة لديها بيانات دقيقة عن مستوى السطح الفعلي ، فبإمكانها أن توازن نفسها فيما يتعلق بتلك القيمة المسوية وستحوم فوق السطح بشكل جيد وثابت. سيساعد ذلك أيضًا الطائرة بدون طيار في عمل أدوار دقيقة ، أو الصعود ، أو الهبوط ، وما إلى ذلك فيما يتعلق بأوامرنا. قد تتسبب معايرة IMU السيئة في حدوث مشكلات في الاتجاه والانحراف نظرًا لأن وحدة التحكم في الطيران تحارب لإبقاء المركبة في ما تعتقد أنه الموقف الصحيح . مثال عليه الموديل : BMP180



- شاحن Solar LIPO

يمكنك الاستفادة من الواح الطاقة الشمسية لشحن بطارية LIPO الخاصة في طائرتك هذا سوف يجعل فترة الطيران اطول بكثير فهي الواح خفيفة وتزود البطارية بالتغذية المناسبة لكن تتم هذا العملية حسب معاير مدروسة وباستخدام الالواح ذات الاحجام المختلفة والقدرة المختلفة انظر الصور ادناه واستخدام قطعة تقوم بالربط بين الالواح والبطارية تسمى : SOLAR LIPO CHARGER BOARD







- نظرية التحكم

بعد ان تعرفنا على انواع الحساسات المختلفة وتطبيقاتها بات من الضروري ان نتعرف على الطريقة العامة للتعامل مع الحساسات في صناعة الاجهزة والتطبيقات المختلفة.

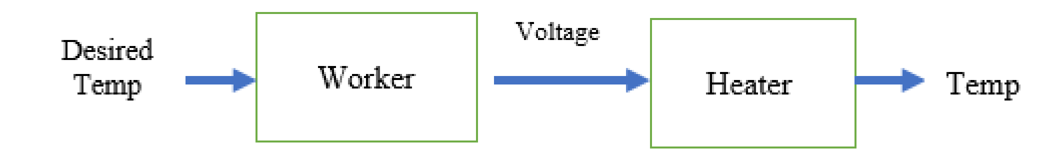
اتفقنا سابقا ان من المعايير الاساسية اختيار الحساس هي التطبيق المراد صنعه و نسبة الخطأ والجهد التشغيلي والفترة الزمنية في اخذ القراءات , واتفقنا ان الحساس هو اداة لتحويل الكمية الفيزيائية الى اشارة كهربائية , اذا سنتعرف على الطريقة التي بها نتعامل مع الاشارت الكهربائية الخارجة من الحساسات , لذلك سابدأ في شرح بعض اساسيات التحكم.

التحكم هو العملية التي بها التأثير على الاجهزة في نظام معين وهذا النظام قد يكون سخان حراري او نظام تصبيت سرعة السيارة او غيرها من التطبيقات الهندسية.

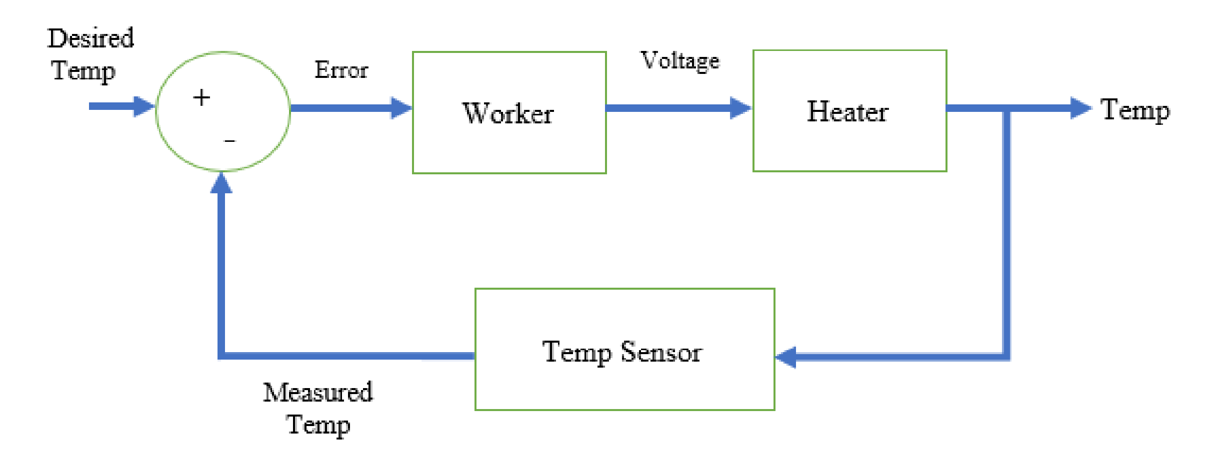
وللحصول على نظم التحكم، يتم استخدام تطبيقات الدوائر الكهربائية ومعالجات الإشارات الرقمية والمتحكمات الصغيرة، بالإضافة إلى أجهزة الاستشعار والأجهزة المتعلقة بتنفيذ عملية التحكم. وقبل البدء في عملية التحكم يلجئ المستخدم الى بناء مخطط حتى يستطيع فهم النظام ويتجنب الاخطاء والحصول على افضل نتيجة وعادة يتم ذلك باستخدام مخطط صندوقي لعناصر النظام .

ان الاجهزة المتحكمة يجب ان تحتوي على بعض الاجزاء مثل الادخال والاخراج والاداة العاملة والمقارن وغيرها .

فمثلا اذ اردنا تصميم مخطط لجهاز السخان الحراري في ابسط اشكاله فان النتيجة سوف تكون كالتالي:



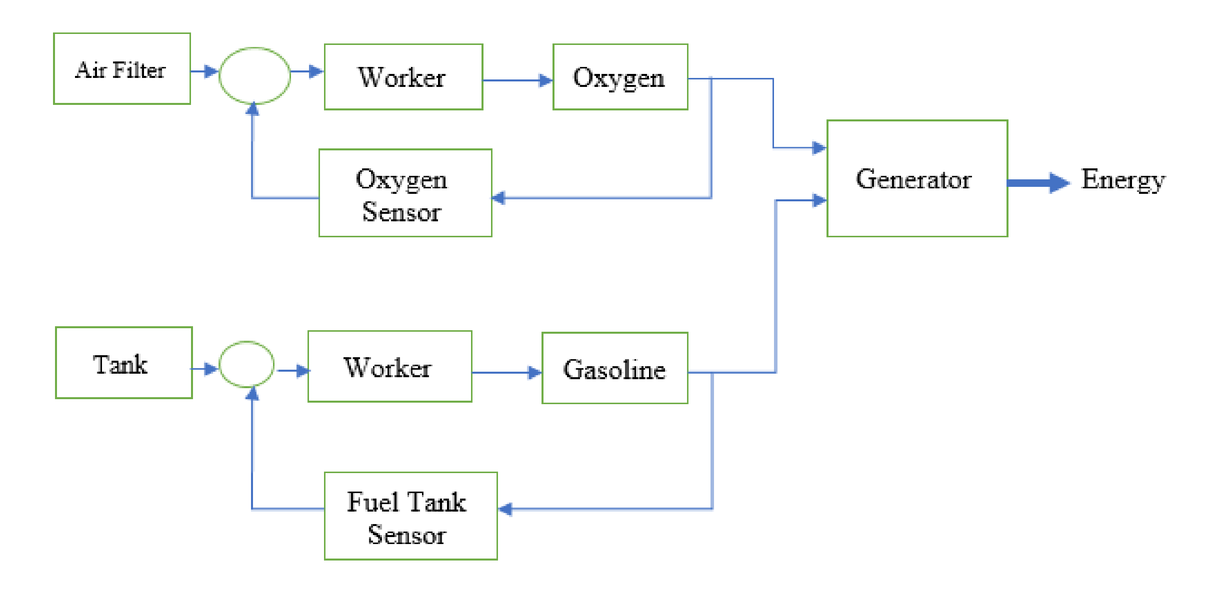
هذا النظام يمثل نظام مفتوح (Open Loop) هذا يعني ان النظام لا يوجد به طريقة لمعرفة درجة الحرارة النهائية تماما لانه يحتوي على حساسات , في هذا المخطط سوف نجعل المخطط اعلاه نظام (Closed Loop) وذلك باضافة حساس لقياس درجة الحرارة :



حيث ان الخطأ (Error) :

Error = Desired Temp - Measured Temp

في هذا المثال نريد عمل مخطط بسيط لمولد كهربائي يعمل بالبنزين وباستخدام حساسين الاول لقياس نسبة الاكسجين والثاني لقياس كمية الوقود :



- **التفريق بين انواع البناء**

الان عزيزي القارئ يجب ان تكون قادرا على فهم ان المبدأ الاساسي للحساسات هي الحصول على اشارة كهربائية بتردد معين وزمن معين وخواص معينة , وعند الحصول على هذه الاشارة ندخل الاشارة الى معالج يستطيع ان يفهم الاشارة , وبعد المعالج نستخدم الاشارة للتحكم في وظيفة معينة او مجرد قيمة للتعرف عليها وعرضها على الشاشة مثل قيمة درجة حرارة الطائرة.

الآن اعلم ما قد يدر في ذهنك , لقد تحدثنا عن مئات المواضيع في هذا الكتاب ومع كل هذا سوف تجد صعوبة قليلة في هذا الدرس لانه يجمع بين طريقتين في اختيار المستشعر والمتحكم .

لاوضح المقصود في كلامي اعلاه نرجع على سبيل المثال الى مستشعر ال GPS , سوف تلاحظ اننا ادرجنا مثالين ل موديلين مختلفين وهما :

Aircraft Telemetry GPS Sensor (SPMA9587) - 1

MCU STM3251 - 2

عندما تنظر اليهما قد تصيبك دهشة لاختلاف تفاصيلهما لان الاول شكله اكثر ترتيبا وهو داخل صندوق بلاسيتيكي ويخرج منه اسلاكه بسهولة , هذا النوع هو نوع تجاري مخصص لطائرات التحكم عن بعد بشكل خاص ويأتي على شكل جزء من Kit لمنظومة جهاز التحكم بالراديو , كل ما عليك فعله هو ان تشتريه وتقوم في تركيبه في المكان المخصص في جهاز الاستقبال داخل طائرتك وتشاهد النتيجة في جهاز الارسال على الشاشة الخاصة به , وهذا النوع للمبتدئين في علم الالكترونيات والطائرات .

اما النوع الثاني عندما تنظر اليه تلاحظ انه مثل اللوحات الالكترونية التي بحاجة الى اسلاك وتفاصيل اخرى , في الحقيقة هذا النوع يأتي تحديدا للمهندسين وذوي الاختصاص العالي يتم شراؤه مع متحكم الكتروني ثم دمج المكونين مع اجزاء الطائرة كاملة .

لذلك لا تقلق سوف نقوم في شرح كل التفاصيل بشكل يجعلك ترى كم ان الأمر سهلًا ..

سوف نقوم في دراسة تفصيلية لطريقتين لبناء الطائرات وهما :

1 – بناء الطائرات المهيئة مسبقا , وهي القطع التي تتوفر في الاسواق لكي تلائم العلامات التجارية للطائرات ويكون لها في العادة مخارج ومداخل واضحة وقطع واضحة مثل جهاز الارسال , وجهاز الاستقبال , وقطع التحكم في المحركات , والانظمة الاخرى , وكلما اردت تزويد الطائرة في وظائف أكثر عليك في زيادة عدد القنوات في جهاز التحكم لديك , وغالبا لا تحتاج الى خبرات في البرمجة .

2 - بناء الطائرات من الصفر , عندما اخذت جولة للتعرف على انواع المستعشرات وجدت معظم الانواع لا تأتي متطابقة مع العلامات التجارية للطائرات .

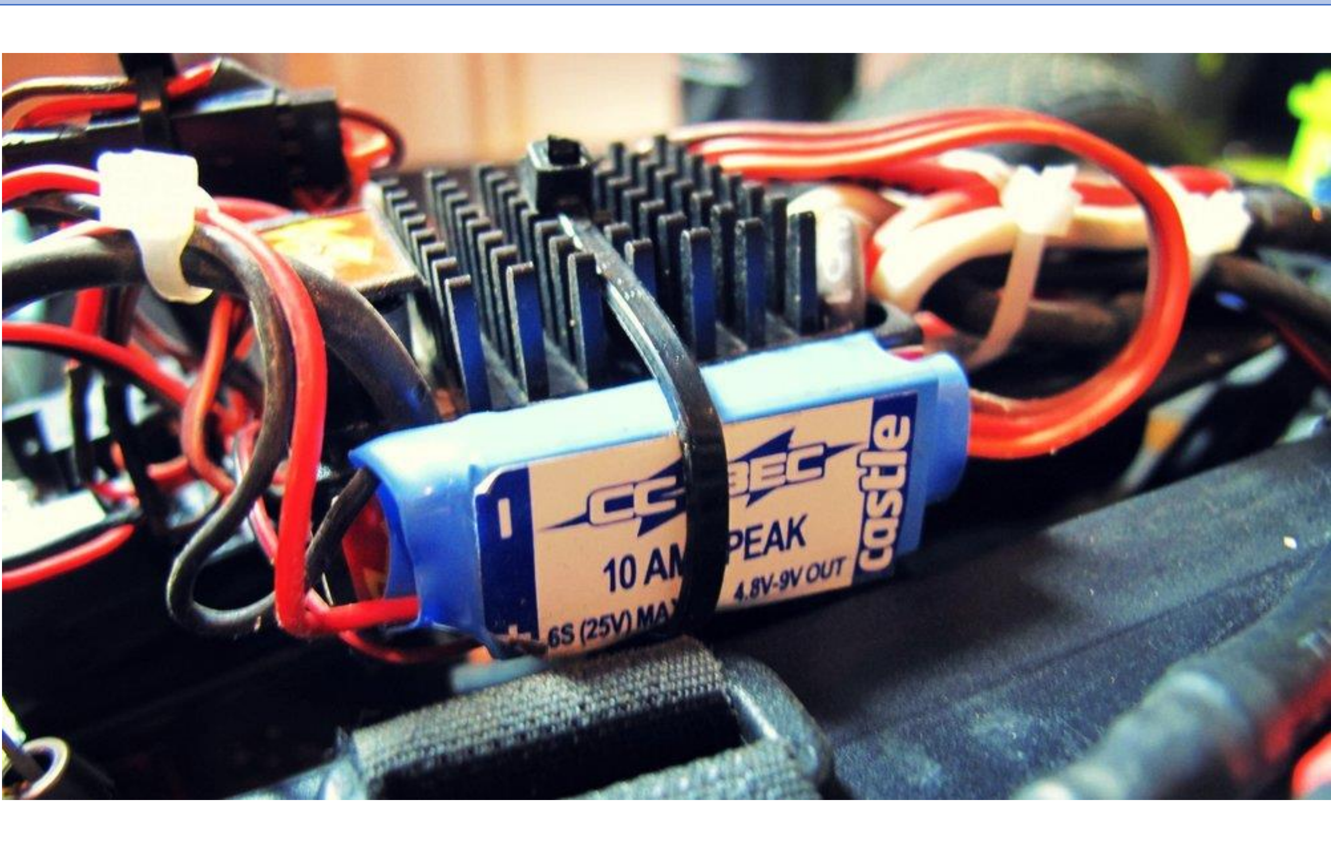
في هذا النوع نقوم باستخدام متحكم الكتروني مثل الاردوينو , نقوم في برمجتمه مع المستشعرات مثل الجيرو سكوب والقطع الكهربائية , وايضا نصنع جهاز ارسال واستقبال خاص بنا !

فنحن في النوع الثاني من البناء لا نحتاج الى جهاز ارسال الراديو , بل نحتاج الى طرق اخرى للتحكم عن بعد مثل البلوتوث والوايرلس وغيرها من الانظمة المتطورة جدا , وهذا من شأنه ان يجعل الطائرة من مستوى رفيع جدا .

في النوع الثاني نستطيع بناء نظام الطيار الآلي Auto Pilot وغيرها من الانظمة والاوامر الاتوماتيكية الرائعة لكن سوف تجد صعوبة في النوع الثاني عندما تكون مبتدئ لكن لا تقلق , كما قلنا سوف نوضح جميع الامور خطوة خطوة .

ستكون انسان محظوظ اذا قرئت هذه العبارة " لا تصلح معظم قطع النوع الثاني من البناء ان يتم تركيبها على الطائرات التي تاتي على شكل KiT " المقصود ب KIT هو جهاز المرسل والمستقبل والقطع الداخلية المترابطة مع بعضها البعض للعلامات التجارية المختلفة فقط تقوم في تركيبها مباشرة في مكانها الصحيح حسب التعليمات .

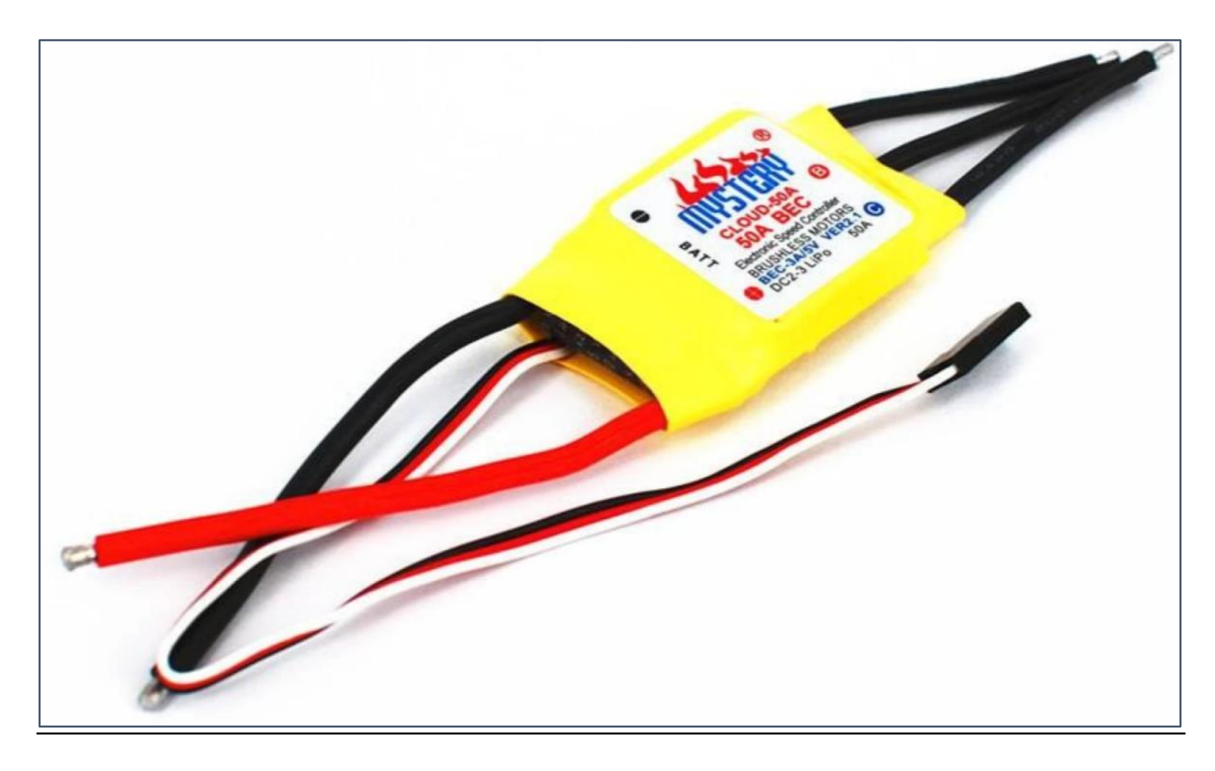
المتحكمات



الآن لقد وصلت الى الخطوة الاخيرة في تصميم طائرات التحكم عن بعد وهي اختيار المتحكمات الالكترونية , يوجد عدة انواع للمتحكمات ولكل نوع خصائص مختلفة , في هذا الفصل سوف ندرس عدة انواع للمتحكمات ونتعرف على أسس اختيار المتحكم المناسب وكيفية ربط المكونات الالكترونية للطائرة لتصبح جاهزة للطيران . تختلف المتحكمات باختلاف المحركات والبطاريات والقدرة والعديد من الخصائص الكهربائية ولها انواع تحتاج الى برمجة وانواع اخرى مبرمج ومهيئ ليعمل مع طائرات التحكم عن بعد .

بعض المتحكمات صنع خصيصا للتحكم في المحركات والبعض الآخر صنع للتحكم في كل مكونات الطائرة الداخلية فيكون مسؤول عن الارسال والاستقبال والتحكم في المحركات وغيرها.

- متحكم السرعة الالكتروني Electronic Speed Controller (ESC)



كما تعلمون ، تتحكم وحدة التحكم في السرعة الإلكترونية (ESC) في مدى سرعة دوران محرك الطائرة. إنها الرابط بين مستقبل راديو الطائرة ومحطة وبطارية LIPO .

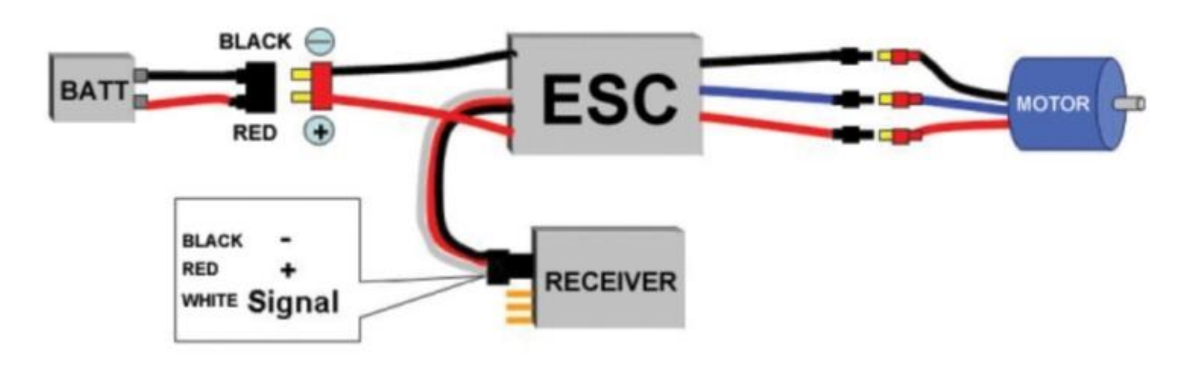
يشير مصطلح ESC إلى "التحكم الإلكتروني في السرعة" ، وهو عبارة عن دائرة إلكترونية تستخدم لتغيير سرعة المحرك الكهربائي ومساره وأيضًا كأداء فرامل ديناميكي.

يتم استخدامها بشكل متكرر في النماذج التي يتم التحكم فيها بالراديو والتي تعمل بالطاقة الكهربائية ، مع التغيير الأكثر استخدامًا في المحركات التي لا تحتوي على فرش ، والتي توفر بشكل أساسي مصدرًا للطاقة منخفض الجهد من ثلاث اطوار phase-3 يتم إنتاجه إلكترونيًا للطاقة للمحرك.

يمكن أن تكون وحدة التحكم في السرعة (ESC) وحدة منفصلة تدخل في قناة التحكم في مستقبل دواسة الوقود أو تتحد في جهاز الاستقبال نفسه ، كما هو الحال في بعض طائراتRC

يستخدم بعض منتجي RC الذين يربطون إلكترونيات الهواة الحصريين في سياراتهم أو طائراتهم ، إلكترونيات معنية تجمع بين الاثنين على لوحة دوائر واحدة (سندرسها في درس الاردوينو للتحكم في الدرون) .

الصورة ادناه تبين ربط المحرك والمستقبل والبطارية بطريقة منفصلة عن اي متحكم خارجي



ان أداة التحكم في السرعة (ESC) تتحكم في سرعة دوران محركات الطائرة. إنها تساعد الغرض نفسه مثل مضاعفات الخانق في طائرة تعمل بالطاقة الميكانيكية اي محرك IC.

إنها الرابط الاساسي بين جهاز الاستقبال اللاسلكي للطائرة ومحطة الطاقة (LIPO). سوف يحتوي التحكم الإلكتروني في السرعة على 3 مجموعات من الأسلاك :

1 - سيتم توصيل سلك واحد بالبطارية الرئيسية للطائرة.

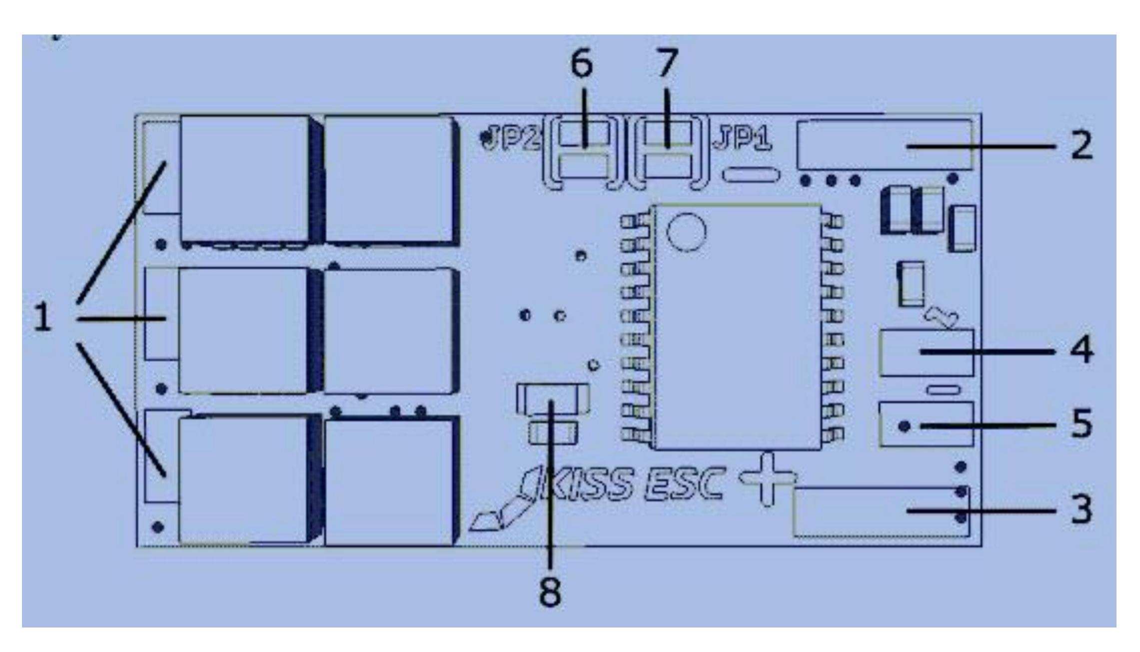
2 - سوف يحتوي السلك الثاني على سلك مؤازر نموذجي يتم توصيله بقناة دواسة الوقود في جهاز الاستقبال.

3 - وأخيرًا ، يتم استخدام السلك الثالث لتشغيل المحرك.

▪ المكونات المستخدمة في ESC تشمل أساسا ما يلي :

Solder pads for the 3-BLDC motor phases	منصات لحام لمراحل المحرك BLDC-3
Negative (-) LIPO connections	مدخل LIPO السلبي
Positive (+) LIPO Connection	مدخل LIPO الايجابي
Servo signal or input of the PWM signal	مدخل التحكم في الدواسة (السرعة)
GND reference of PWM Signal	GND لإشارة PWM
Solder jumper, for altering the direction of Rotation (CW/CCW)	وصلة لحام ، لتغيير اتجاه الدوران (CW / CCW)
Solder jumper, for varying the type of the PWM input signal	وصلة لحام ، لتغيير نوع إشارة دخل PWM
State LED	ضوء التشغيل

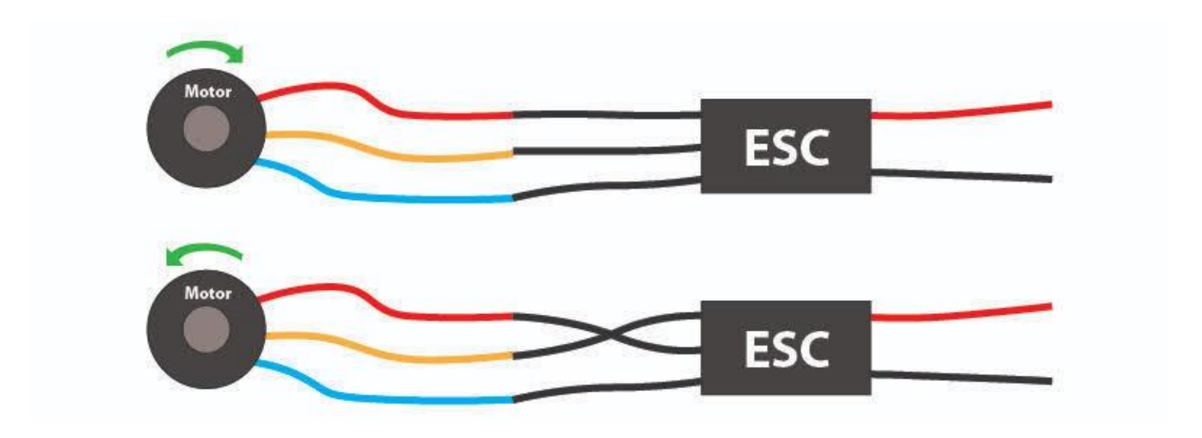
ويمكننا رؤية المكونات اعلاه في المخطط التوضيحي التالي :



- أنواع تحكم السرعة الإلكترونية

يوجد نوعان من أدوات التحكم في السرعة الإلكترونية استنادًا إلى المتطلبات المحددة ، يمكنك الحصول على ESC التحكم الإلكتروني في السرعة المحركات بدون فرش (هي التي سوف نستخدمها) :

تتمثل الوظيفة الأساسية لـ ESC في تغيير مقدار الطاقة إلى المحرك الكهربائي من بطارية الطائرة استنادًا إلى موقع عصا التحكم في الخانق ولكن عكسك للاقطاب يغير اتجاه المحرك انظر الشكل التالي :

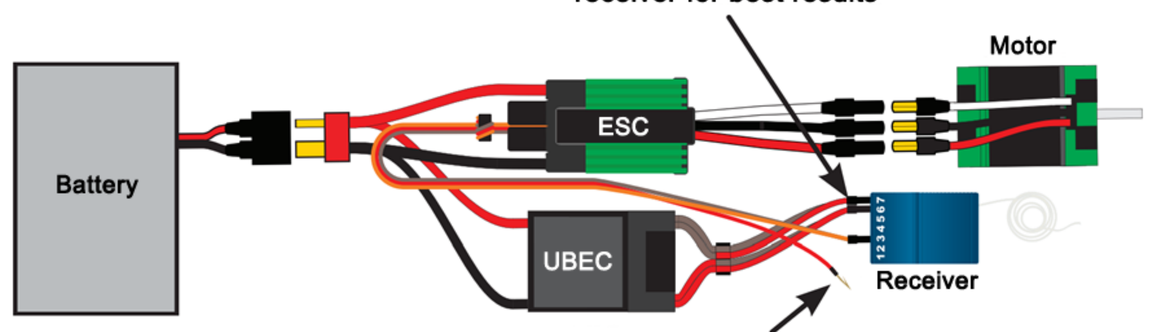


- Battery Eliminator Circuit (BTC)



BTC هو منظم الجهد. وهي مصممة لإسقاط الجهد الكبير وصولا إلى الجهد أصغر. نظرًا لأن طائرات RC الحديثة تستخدم بطاريات عالية الجهد ، فهي تتيح لك تشغيل جهاز الاستقبال ، والمؤازر وغيرها من الملحقات من بطاريتك الرئيسية دون استخدام جهد كهربي منخفض منفصل. هناك الكثير من الأنواع

لا داعي للقلق بشأن الكثير من القطع . كل ما عليك القيام به هو توصيل BEC الخاص بك إلى المستقبل وستحصل على الطاقة اللازمة التي تغذيها. عادة 5 فولت. ، رغم ذلك ، قد لا تزال تحتاج إلى BEC مخصص للطائرات ذات الطاقة العالية.



BEC

إنها تخفف الطاقة ، لكنها في الواقع تضيع الكثير. هذا لأنه عندما تتخلص من الطاقة ، فإنك تحول طاقتك إلى حرارة. لذلك ، على الرغم من أن BEC البسيط سهل الاستخدام ، إلا أنه غير فعال , بالإضافة إلى ذلك ، لا يمكن استخدام BECs مع البطاريات الكبيرة ذات الفولتية العالية. وذلك لأن الجهد العالي من شأنه أن يجعل BEC حارًا جدًا وسيفشل (لا تحب الإلكترونيات الحرارة). هم ، لذلك ، صالحة للاستعمال فقط في الأشياء الصغيرة.

SBEC

SBEC أكثر تعقيدًا من BEC المتواضع ، لكن هذا يعني أنه يمكنك غالبًا تشغيل الموديلات عالية الطاقة. إنه يعمل عن طريق التبديل ، التيار المتناوب للتنزيل من جهد البطارية إلى 5 فولت آمن لمعدات RC الخاصة بك. عمليا لا تضيع الطاقة من قبل SBEC ولا يزال بإمكانك تشغيل كميات كبيرة من الطاقة من خلالها. يعمل المكثف والملف على تسوية متوسط تيار التبديل والسماح لعتاد التحكم في الحركة (RC) بالعمل على جهد ثابت.

إن دائرة مزيل البطارية الشاملة ، لجميع الأغراض ، هي نفس الشيء مثل SBEC. ويستخدم منظم التبديل للتحكم في الجهد للإلكترونيات الحيوية الخاصة بك. وبشكل مربك يتم استخدام المصطلحين (UBEC و SBEC) كعلامة تجارية واحدة. على نحو متزايد ، يتم استخدام UBEC كمصطلح قياسي.

يعتمد الأمر حقًا على نظام الطاقة الذي تفكر في استخدامه. بالنسبة لمعظم التطبيقات ، يمكنك الابتعاد عن طريق استخدام ESC بسيط ان يعالج كل شيء لك. يمكنك العثور على ESCs مثل هذا في جميع حزم الطاقة المتاجر . في بعض الأحيان ، إذا كنت بحاجة إلى طاقة أكبر بكثير وتريد تشغيل البطاريات التي تتجاوز 4 خلايا ، فقد تحتاج إلى التفكير في استخدام UBEC SBEC ESC / أو UBEC منفصلة.

▪ كيف نختار ESC لطائرتنا ؟

لا ترهق ولا تتعب نفسك في التفكير بالرغم من اننا قدمنا الحسابات سابقا ولكن لكي تختار ESC النموذجية اتبع معاير المحرك الذي سوف تستخدمه , لنلقي نظرة على المحرك الذي درسناه سابقا GH2217-06 والجدول التالي يوضح خصائصه مرة اخرى (انظر الى درس محركات DC بلا فرش) :

	GH2217-06	GH2217-07	GH2217-09
Lipo Count	3s (11.1v)	3s (11.1v))	3s (11.1v)
RPM per volt	1500 kv	1200 kv	950 kv
Current Capacity	20A / 60 sec	20A / 60 sec	20A / 60 sec
Max Watts	250W	250W	250W
Dimension:	27.5 x 34mm	27.5 x 34mm	27.5 x 34mmm
Weight:	73g / 2.59oz	73g / 2.59oz	73g / 2.59oz
Shaft Diameter	4.0mm	4.0mm	4.0mm
Recommended ESC:	GH-30A	GH-30A	GH-30A
Recommended Prop	(3S - 11.1V) - 8 x 4	(3S - 11.1V) - 8 x 4 or 9 x 5 with thorttle mangement	(3S - 11.1V) - 10 x 6
Recommended Model Weight:	(300g - 1000g) (10.5oz - 35oz)	(300g - 1000g) (10.5oz - 35oz)	(300g - 1000g) (10.5oz - 35oz)
Style of Flying	Warbird / Faster	Aerobatic	3D

نلاحظ من السطر الملون بالازرق من الجدول اعلاه ان الشركة المصنعة تقدم لنا ESC الموصى بها واحرص على ان تأخذ احيانا زيادة مثلا هذا المحرك يحتاج الى 30A سوف نشتري قيمة اعلى لتكن مثلا 35و A 40 , وهكذا نضمن ان اختيارنا صحيح بعيدا عن EBC التي لها طريقة توصيل مختلفة احيانا ! , ولا تلزمنا الا في حالات استثنائية مثل التخلي عن بعض الاسلاك من المستقبل سنتحدث عنها لاحقا .

ولكن كيف سوف نقوم في تركيب ال ESC في طائرة الدرون الخاصة بنا ؟ في الحقيقة في طائرات الدرون سوف نستخدم 4 قطع من ESC لكل اي كل محرك يحتاج الى ESC خاصة ولكن كيف سوف نقوم بربط الجيرسكوب والتحكم في المراوح ؟ هنا يلزمنا اجباريا استخدام المتحكمات الالكترونية وسوف ندرس في هذا الكتاب (الاردوينو) .

اما بالنسبة للطائرات الافقية لقد انتهينا تماما من تصميمها قلنا انت بحاجة الى المحرك ومروحته الخاصة و ESC والبطارية ولقد درسنا جميع المكونات بايجاز , وتذكر ان تكون المكونات مدروسة حسب المعادلات السابقة والجداول السابقة , ثم نقوم بتركيب القطع مع المستقبل على هيكل الطائرة ونبدأ رحلتنا .

بقي علينا الآن ان ندرس الدرون واختيار المرسل والمستقبل .



لقد درسنا مكونات الاردوينو في كتاب المتحكمات الالكترونية من هذه السلسلة , تعرفنا على انواع الاردوينو المختلفة ومكوناته الداخلية وسرعته وخصائصه الفنية وعدد الأطراف الرقمية والتماثلية , درسنا ايضا كيف نأخذ البيانات من الحساسات ونتحكم في محرك ال DC , في هذا الكتاب سوف ندرس الاردوينو ولكن سيكون تركيزنا على نوع جديد وهو Arduino Mini فهو الاكثر سيوعا في تصميم الطائرات لخفة وزنه وامكانياته الرائعة .

في الدرس السابق انتهينا من بناء الطائرة الافقية , هذا الدرس طريقتك المثالية لتصميم طائرات اكثر عبقرية باستخدام الحساسات المختلفة وامكانيات التحكم الهائلة , فليس مستبعدًا ان تبني طيار آلي باستخدام الاردوينو! فلا يوجد قيود في هذا العالم التكنولوجي الرائع .

كل ما عليك فعله هو تجميع القطع بالشكل الصحيح وبرمجة الاردوينو لتبدء عملها . عموما في هذا الفصل سوف نأخذ بعض الاساسيات للتحكم في العناصر الموجودة في الطائرة وكيفية ربط المحركات والحساسات وغيرها مع الاردوينو , وفي الفصل التالي من هذا الكتاب سوف ندرس طريقة التحكم في الاردوينو عن بعد للسيطرة على الطائرة .

اذا في هذا الفصل سوف ندرس الاردوينو مع القطع الالكترونية الاساسية في الطائرة , وفي الفصل التالي سوف يتم تزويدك بالخبرة الكافية للتحكم في الطائرة .

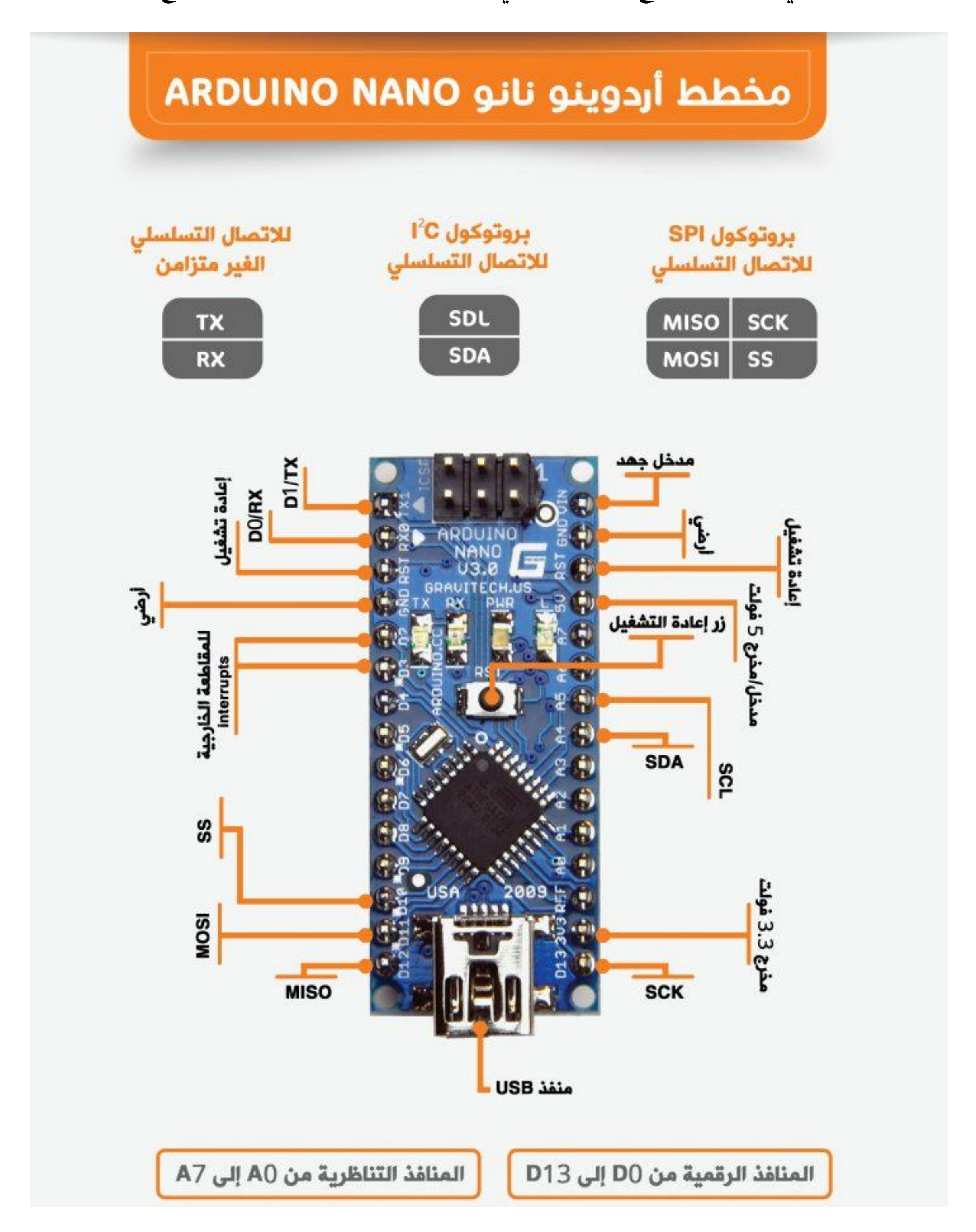
علما ان التحكم في الطائرة باستخدام الاردوينو قد يكون عن طريق جهاز ارسال يتم ايضا بناؤه من لوحة الاردوينو , او التحكم من الهاتف او من جهاز الحاسوب او حتى عن طريق الانترنت!

ولكن قبل البدء نريد ان نناقش حول اختيارنا الاردوينو وهذا النوع (NANO) من الاردوينو ؟

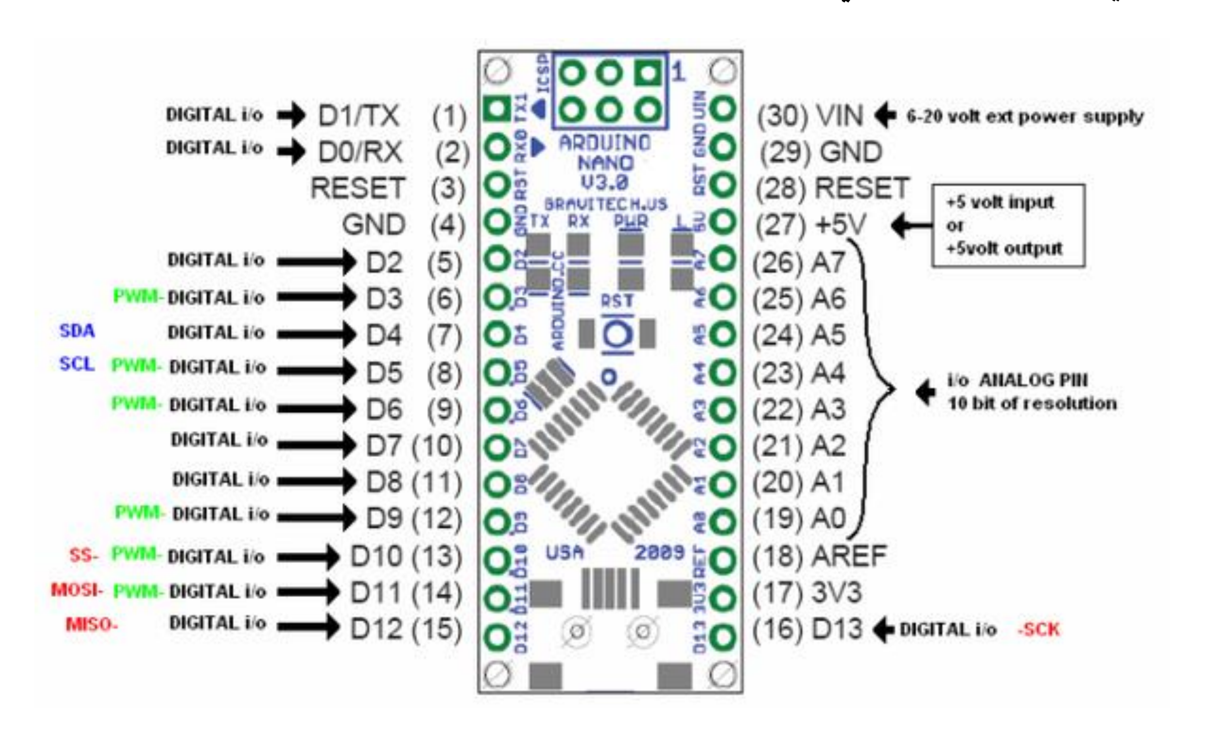
اولا : فوائد الاردوينو , يوفر الاردوينو قدرات عالية من التحكم الالكتروني في السرعات والمستشعرات , حيث يمكن ربط عدد كبير جدا من المستشعرات في الطائرة واختيار الموديلات من قائمة كبيرة من الانواع المختلفة , فبناء طائرة ذات امكانيات كبيرة تطلب استخدام احدى المتحكمات , وبالطبع يمكن ربط ESC مع الاردوينو , ومعظم الامكانيات الكبيرة والتقنيات العالية في الطائرة تحتاج الاردوينو او اي متحكم آخر .

يجب مراجعة كتاب المتحكمات الالكترونية لفهم المكونات الداخلية واساسيات برمجة الاردوينو .

ثانيا : المواصفات الفنية للاردوينو نانو , درسنا في كتاب المتحكمات الالكترونية انواع الاردوينو المختلفة وقمنا في مقارنة الانواع , الشكل التالي يبين المكونات الداخلية لهذا النوع:

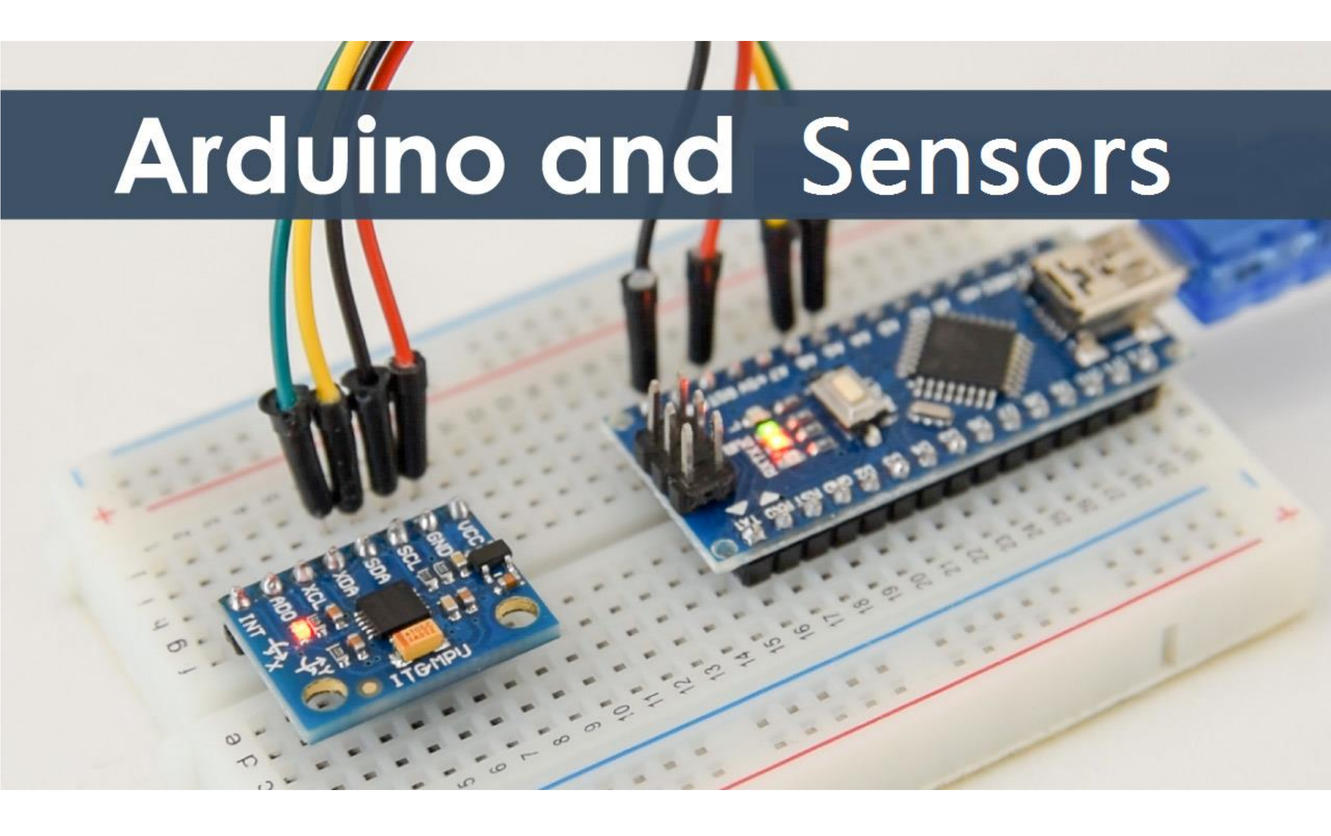


ولرؤية المداخل الرقمية التي بها خاصية PWM :



ينصح استخدام هذا النوع بدلا من الانواع الاخرى بسبب كثرة المخارج الرقمية والتماثلية اضافةا لى وزنه الخفيف ويعمل على 5 او 3.3 فولت .

- استخدام الحساسات المختلفة مع الاردوينو



هذا الدرس غير متوفر في الاصدار التجريبي ..

- ربط الاردوينو مع ESC



هذا الدرس غير متوفر في الاصدار التجريبي ..

التحكم عن بعد



بعد الانتهاء من بناء الطائرة يلزمك استخدام مرسل ومستقبل تبعا لعدد القنوات التي في طائرتك , لكن في الحقيقة قد لا يبدو الأمر سهل فهي ليست مجرد شراء جهاز الارسال والاستقبال وتركيبهم وفقط .

لا بل ينبغي اختيار الجهاز وتصميم الطائرة بشكل منسجم لتصبح جميع المكونات تعمل في افضل صورة ودقة في الطيران . فتختلف الطائرات بطريقة ربطها مع المرسل والمستقبل حسب الطرق الثلاثة لحركة الطائرة , فانت تعلم ان كل نوع من الطائرة الافقية , الهيلكيوبتر

والدرون لها ديناميكية مختلفة وايضا طريقة ربط مختلفة ايضا تختلف اساسيات التحكم ب عصي التحكم بعض الشيئ . في هذا الفصل سوف ندرس بعض انواع اجهزة التحكم عن بعد وخصائصها المختلفة .

لقد درسنا في كتاب التحكم عن بعد من هذه السلسلة نظام الراديو وترددات الراديو وانواع التضمين المختلفة لهذا من الضروري مراجعة كتاب التحكم عن بعد .

- المرسل Transmitter

جعلت أنظمة الراديو الأحدث 2.4 جيجا هرتز من السهل للغاية تتبع ترددات RC في مجال الطيران أو حدث آخر حيث يتم نقل العديد من الطائرات في نفس الوقت. في غلاف البندق ، تقوم هذه الأنظمة الأحدث بكافة أعمالك من خلال تحديد الترددات المستخدمة وتجنبها.

جعلت أنظمة الراديو الأحدث 2.4 جيجا هرتز من السهل للغاية ان تتبع ترددات RC في مجال الطيران, تقوم هذه الأنظمة بكافة أعمالك من خلال تحديد الترددات المستخدمة وتجنبها.

قديما كان الاستخدام هو تردد لكن أنظمة الراديو الأحدث اصبحت تستخدم 2.4 جيجا هرتز

يجب أن تكون حذرًا جدًا في الطيران مع الآخرين الذين يستخدمون أنظمة 72 ميجا هرتز. لماذا؟ دعنا نقول اثنين من أجهزة الإرسال تتحكم في طائرة واحدة لا يمكن ان تنتهي الرحلة أبدا بشكل جيد!

عموما من الجيد ان تعلم ان لعبة الطائرات (تلك المخصصة للاطفال) تستخدم ترددات RC لكن تردداتها المستخدمة من قبل الطائرات الالعاب تختلف عن الترددات المستخدمة من قبل الطائرات ذات الهواة . يتم توجيه طائرات RC ذات مستوى الالعاب بشكل عام إلى الأطفال ويمكن العثور عليها في معظم المتاجر والتردد بشكل عام على 27 ميجاهيرتز أو 49 ميجاهيرتز.

لا يمكن أن تعمل طائرتان محكومتان بالراديو على نفس التردد في نفس الوقت. ستحصل أجهزة الاستقبال في كلا الطائرتين على إشارات من كلا المرسلين. يؤدي ذلك الى التشتت وفشل في السيطرة .

تم تقسيم ترددات RC ، المخصصة للطائرات ، إلى 50 نطاق تردد معين (أو شرائح) , من الأسهل بكثير تعيين رقم مرجعي لكل من نطاقات التردد الخمسين هذه بدلاً من الإشارة إلى الأرقام الخمسة بأكملها. وتسمى هذه الأرقام المرجعية القنوات.

R/C Aircraft Frequencies

72.010 MHz -- Channel 11	72.510 MHz -- Channel 36
72.030 MHz -- Channel 12	72.530 MHz -- Channel 37
72.050 MHz -- Channel 13	72.550 MHz -- Channel 38
72.070 MHz -- Channel 14	72.570 MHz -- Channel 39
72.090 MHz -- Channel 15	72.590 MHz -- Channel 40
72.110 MHz -- Channel 16	72.610 MHz -- Channel 41
72.130 MHz -- Channel 17	72.630 MHz -- Channel 42
72.150 MHz -- Channel 18	72.650 MHz -- Channel 43
72.170 MHz -- Channel 19	72.670 MHz -- Channel 44
72.190 MHz -- Channel 20	72.690 MHz -- Channel 45
72.210 MHz -- Channel 21	72.710 MHz -- Channel 46
72.230 MHz -- Channel 22	72.730 MHz -- Channel 47
72.250 MHz -- Channel 23	72.750 MHz -- Channel 48
72.270 MHz -- Channel 24	72.770 MHz -- Channel 49
72.290 MHz -- Channel 25	72.790 MHz -- Channel 50
72.310 MHz -- Channel 26	72.810 MHz -- Channel 51
72.330 MHz -- Channel 27	72.830 MHz -- Channel 52
72.350 MHz -- Channel 28	72.850 MHz -- Channel 53
72.370 MHz -- Channel 29	72.870 MHz -- Channel 54
72.390 MHz -- Channel 30	72.890 MHz -- Channel 55
72.410 MHz -- Channel 31	72.910 MHz -- Channel 56
72.430 MHz -- Channel 32	72.930 MHz -- Channel 57
72.450 MHz -- Channel 33	72.950 MHz -- Channel 58
72.470 MHz -- Channel 34	72.970 MHz -- Channel 59
72.490 MHz -- Channel 35	72.990 MHz -- Channel 60

Hooked-On-RC-Airplanes.com

لا تخف من كل هذه الأرقام. إذا قررت الحصول على جهاز إرسال FM كل ما عليك معرفته هو القناة التي يستخدمها الراديو الخاص بك. هذا مجرد رقم مكون من رقمين بين 11 و 60 ويتم وضع علامة على ظهر الراديو الخاص بك.

قد يكون هذا مربكًا لأن كل وظيفة يقوم بها المرسل تسمى القناة أيضًا. إذن كلمة القناة تعني شيئين مختلفين:

1 - وظيفة الارسال المحددة (الجناح – الذيل – المحرك .. الخ).

2 - تردد الارسال تستخدم .

اذا كنت مبتدئا في مجال الطيران قد لا يهمك في الوقت الحالي فهم التفاصيل اعلاه , سيهمك في جهاز الارسال عدد القنوات المحدد للتحكم في اجزاء الطائرة المختلفة والمسافة ونوع البطارية التي يدعمها جهاز الارسال .

من المهم فهم أساسيات معدات التحكم في الراديو ، وكيف تعمل لجعل طائرة RC الخاصة بك تقوم بما تريده (في معظم الأوقات!) ، أمرًا مهمًا إذا كنت ترغب في الحصول على أقصى استفادة من هوايتك الجديدة.

المكونات الأساسية لنظام التحكم الراديوي النموذجي هي المرسل والمستقبل والسيرفو , هناك حاجة إلى حزم البطارية ، أو الخلايا الفردية ، لتشغيل جميع المكونات. ومع ذلك ، لا تحتوي أجهزة الاستقبال الخاصة بالطائرات RC ذات الطاقة الكهربائية الحديثة (EP) عادة على بطاريتها الخاصة لأن طاقتها تؤخذ مباشرة من حزمة بطارية المحرك

من المتعارف عليه ان القطع تشترى جميعها في باكيج واحد لكن في هذه الأيام ، من الشائع شراء جهاز الإرسال والاستقبال فقط ، أو حتى جهاز الإرسال وحده ، دون أي أجهزة. هذا ببساطة لأن نوع المكونات واحجامها تختلف كثيرًا في هذه الأيام ، لأن تطبيقاتها أكثر تنوعًا من أي وقت مضى - سيكون من الصعب على الشركة المصنعة معرفة أي نوع من محركات وغيرها ، لذا من الأفضل ترك اختيار ما يصل إلى الطيار!

أيضًا ، تأتي العديد من الطائرات ذات الإنتاج التجاري (مثل طرازات RTF و BNF و PNP) مزودة ب(جهاز استقبال) يمكنك تهيئته مع اجهزة ارسال مختلفة .

تحتوي طائرة RC ذات القناة الواحدة على وظيفة واحدة فقط يمكن التحكم بها بواسطة الطيار ، على سبيل المثال حركة الدفة أو تشغيل / إيقاف تشغيل محرك كهربائي. قناتان يمكن أن تكون الدفة والمحرك في حين أن 3 قنوات يمكن أن تكون المحرك ، الدفة والمصعد أو المحرك ، الدفة والجنيحات.

سوف تحتوي طائرة RC النموذجية ذات 4 قنوات على الدفة والمصعد والخانق والجنيحات ، وهي أدوات التحكم الأساسية الأربعة في طائرة RC

قد تصل بعض الاجهزة الى 18 قناة ولكن هذا سيكلفك رقم من اربع خانات .

لا توجد قواعد صارمة وسريعة فيما يتعلق بعدد القنوات التي يمكن أن تمتلكها طائرة من طراز rc ، فهي تعتمد فقط على الطائرة نفسها و / أو عدد الوظائف التي يريد الطيار التحكم فيها.

قد تتطلب طائرات الصليب الأحمر الأكثر تعقيدًا 6 أو 7 أو 8 قنوات أو أكثر لتشغيل أدوات التحكم الأساسية بالإضافة إلى أي وظائف إضافية مثل معدات الهبوط القابلة للسحب واللوحات وأضواء الهبوط ونشر Flap وتشغيل الكاميرا على سبيل المثال لا الحصر.

لذلك دعونا الآن نلقي نظرة سريعة وغير معقدة على كل مكون من المكونات الرئيسية التي يتكون منها نظام التحكم اللاسلكي المعتاد الخاص بك :

Transmitter (abbreviated to TX)

هناك العديد من الاشكال المختلفة للمرسل المتاحة في هواية التحكم في الراديو بشكل عام ، الأنواع الشائعة موضحة أدناه وهي (من اليسار إلى اليمين) التقليدية 4 + ch. ، أحادية العصا ch3. مع التحكم في المحركات ، ch2 العصا.



لأغراض هذا الكتاب ، سوف نركز على جهاز إرسال طائرة RC متعدد القنوات (4 أو أكثر) تقليدي لأن هذا هو النوع الذي ستستخدمه على الأرجح عندما تدخل الهواية ، سواء كانت MHz أو GHz.

يتكون TX من 2 من عصي التحكم ، الديكورات والمفاتيح و الأزرار الدوارة و / أو الروافع المنزلقة sliding على وجه وجسم جسم المرسل ، تكون في متناول يد الأصابع. تُستخدم مفاتيح التبديل والأوجه والرافعات لأي قنوات تفوق أدوات التحكم الرئيسية ، على سبيل المثال ، معدات الهبوط القابلة للطي و flaps. تسمى هذه القنوات الإضافية القنوات المساعدة auxiliary channels.

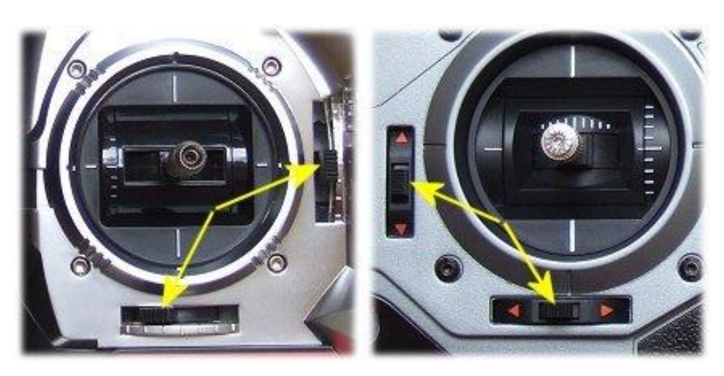
على جهاز إرسال MHz يوجد أيضًا هوائي قابل للطي أعلى TX ، بينما يحتوي TX2.4 GHz على هوائي أقصر كثيرًا لا ينطوي - يبلغ طوله حوالي 6 بوصات (150 سم) فقط هذا الاختلاف في الطول هو أن موجات الراديو 2.4 جيجا هرتز لها طول موجة أقصر بكثير وتتطلب لذلك هوائي أقصر.

بناءً على ما إذا كان جهاز الإرسال اذا كان متطور وبه شاشة ، ستكون هناك شاشة LCD لعرض جميع المعلومات ذات الصلة بالإعدادات المبرمجة ، خيارات القائمة ، جهد البطارية ، جهاز ضبط الوقت ، إلخ.



عموما في 4 قنوات يكون في الارسال تكون العصي تتحرك لأعلى ولأسفل واليسار واليمين لتمكين وظيفتين يمكن السيطرة عليها مع كل عصا. هذه هي القنوات الأساسية الأربعة ، والمفاتيح / الأوجه التي تشكل القنوات الأخرى - الخامسة والسادسة .. إلخ.

تعد أطراف الإرسال **trims** ضرورية لتقليل خصائص رحلة الطائرة الصعبة للتخلص من أي اتجاهات غير مرغوب فيها. إنها تعمل عن طريق تحريك سطح التحكم المعني بمقدار صغير جدًا ، وفي الواقع يتم استخدامها لإعادة ضبط الوضع المحايد لسطح التحكم هذا ولها عدة اشكال:



المستقبل Receiver (RX)



اذا كنت مبتدئا لا تشتري المرسل والمستقبل منفصلين لاتك بحاجة الى بعض الاعدادات الخاصة . يقع جهاز الاستقبال داخل الطائرة ومتصل مباشرة بكل ألاجهزة (والتحكم الإلكتروني في السرعة - ESC - في الطائرات الكهربائية) ، بواسطة أسلاك خاصة . يمتد هوائي السلك الرقيق الى عدة بوصات ويجب تثبيته ، بطوله الكامل ، وقليلا إلى الخارج من الطائرة .

بعض المستقبلات تحتوي على واحد أو اثنين من الهوائيات الأصغر بكثير ، لا يزيد طوله عن بوصة واحدة أو نحو ذلك.

لا ينبغي مطلقًا قطع الهوائي الطويل لمستقبل MHz أو فكه لتقليل طوله. من خلال القيام بذلك ، تقل قدرة RX على استقبال إشارة الراديو من TX انخفاضًا كبيرًا وهذا عادة ما يكون له عواقب وخيمة. سوف تطير الطائرة بسرعة كبيرة خارج نطاق الراديو ، وستفقد السيطرة الكاملة. بمجرد أن يحدث حادث تحطم طائرة أو المفقودة أمر لا مفر منه!

بنفس الطريقة التي يستقبل بها الراديو أو التلفزيون التقليدي الإشارة من محطة البث ، لذلك يتلقى جهاز التحكم في الراديو RX الإشارة التي تنبعث من جهاز الإرسال عند تحريك عصا أو نقر المفتاح. ثم يتم تمرير هذه الإشارات إلى الاجزاء ، أو ESC ، والتي تستجيب بشكل مناسب.

يعتمد عدد فتحات الاتصال على جهاز الاستقبال على عدد القنوات ، أي أن قناة RX ذات 5 قنوات ست بها 6 فتحات - واحدة لكل قناة بالإضافة إلى واحدة لاتصال حزمة البطارية. سوف يكون المستقبل أكثر تعقيدا يعني المزيد من الفتحات.

والآن توجه الى احد المتاجر وقم بشراء جميع القطع حسب دراستك لهذا الكتاب وركبها بالطريقة الصحيحة واستمتع في التحليق عاليا , كلما زادت عدد القنوات زادت المتعة وامكانية اضافة خصائص تحكم اكثر وحساسات وتحسينات أكثر , ولكن ربما تكون اجهزة الارسال ذات شاشات LCD ثمنها مرتفع نسبيا .

يمكنك التعرف على الاجهزة الممكن ربطها مع الطائرة من موقع motionrc :

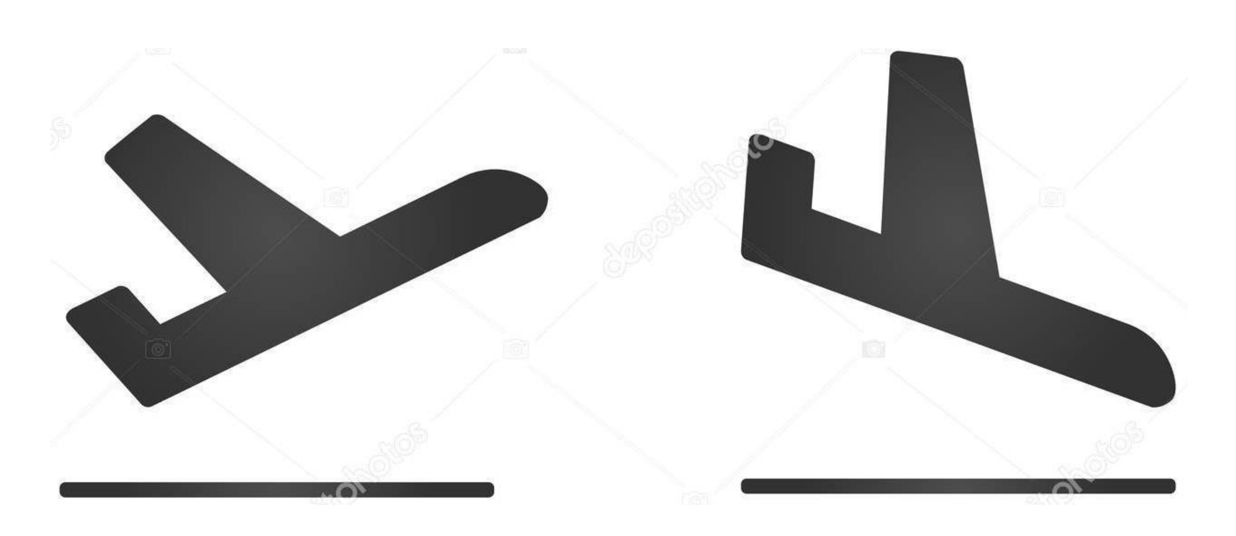
https://www.motionrc.com/pages/gyros-and-flight-controllers

▪ التحكم عن بعد باستخدام الاردوينو



هذا الدرس غير متوفر في الاصدار التجريبي ..

- مبادئ الاقلاع والهبوط Principles of takeoff and landing



حسنا عند شراؤك او تصميمك لطائرة افقية بشكل خاص فانت بحاجة الى معرفة اساسية في كيفية استخدام الطائرة للاقلاع والهبوط في أمان دون ان تعرض الطائرة لحوادث اعقابها خسائر مادية كبيرة , لذلك هذا الدرس من الدروس المهم التي يبنغي عليك فهمها جيدا ورؤية فيديوهات تعليمية على الانترنت للفهم الكامل للاقلاع والهبوط .

اولا , قبل الاقلاع نقوم باختبار الطائرة والغرض من اختبارات ما قبل الرحلة هو التأكد من أن طائرة RC الخاصة بك في حالة مناسبة للطيران ، وأن كل شيء يعمل كما ينبغي. قد تختلف عمليات الفحص الدقيق قبل الطيران من طائرة إلى أخرى ، ولكن هناك بعض عمليات الفحص الأساسية التي يتعين على جميع طائرات RC القيام بها ، قبل الطيران مباشرة.

إذا أهملت إجراء فحوصات ما قبل الرحلة قبل أن تطير بطائرة RC الخاصة بك ، وكان هناك شيء خاطئ ، فمن المحتمل جدًا حدوث تصادم يمكن تجنبه. لقد فقد العديد من طياري RC طائراتهم المحبوبة بعد ثوانٍ من الإقلاع ، لمجرد أنهم لم يفعلوا الاختبارات البسيطة!

1 - جميع ماكينات ال servo آمنة ، والروابط linkages المربوطة مع اسطح التحكم آمنة ولا يوجد بها اي عائق ويمكنك احيانا وضع قليلا من الشحمة لضمان حركتها . ويجب ان تكون دقيقة في التحكم وغير فضفاضة (لسا حرية في الحركة بسبب عدم تثبيتها جيدا) ويمكنها التحرك بسرعة اثناء تجربتها .

2 – التأكد من جميع اتصالات محركات السيرفو موصولة إلى المستقبل ، وحزمة البطاريات و ESC آمنة وصحيحة.

3 - يتم تثبيت جهاز الاستقبال وبطارية المحرك بشكل آمن ولا يمكن تحريكهما أثناء الطيران.

4 - يتم وضع هوائي الاستقبال (antenna) بشكل صحيح وغير تالف , ويكون مفتوح اذا كان مغلق.

5 – التأكد من ان المرحة مضبوطة جيدا مع المحرك بشكل صحيح .

6 - يتم تأمين الجناح والذيل بشكل صحيح ، وفقًا للتعليمات (على سبيل المثال ، الطريقة الصحيحة للتثبيت ؛ الأربطة المطاطية أو صواميل الجناح إلخ)

7 - تتحرك جميع أسطح التحكم بالاتجاه الصحيح ، مثل تحريك عصا الدفة إلى اليسار لنقل الدفة إلى اليسار.

8 - جميع مفصلات اسطح التحكم آمنة ، أي أنه لا يمكنك سحب سطح التحكم بعيدًا عن جسم الطائرة بسهولة ! .

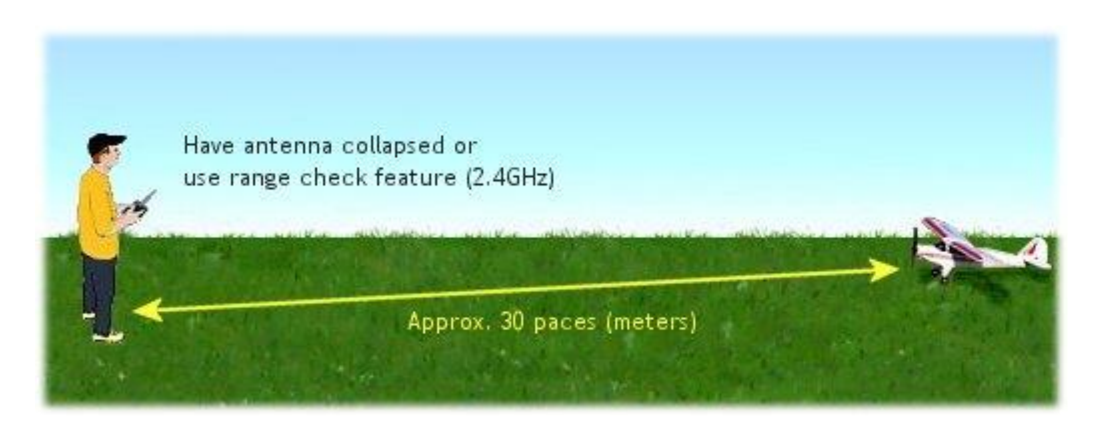
9 - قوة المحرك تعمل بشكل صحيح وعلى سرعات مختلفة ولا يخرج منه دخان .

10 - ضبط جهاز الراديو ويعمل مع جميع المكونات وبشكل صحيح .

الاختبار الأخير ، هو التحقق من النطاق range check مهم للغاية ، لذا سنغطيه بمزيد من التفاصيل :

الغرض من فحص النطاق هو التأكد من أن إشارة الراديو من جهاز الإرسال إلى جهاز الاستقبال قوية ، بحيث يمكنك أن تطير بطائرة RC الخاصة بك على مسافة عادية دون الخروج عن نطاق الراديو. إذا خرجت الطائرة عن نطاقها ، فستفقد السيطرة تمامًا.

قم بتشغيل جهاز الإرسال ثم جهاز الاستقبال ، ومع فتح هوائي جهاز الإرسال كاملا ، المشي للخلف بعيدا عن الطائرة لمسافة 30 متر أو نحو ذلك. أثناء السير بعيدًا عن الطائرة ، استمر في تحريك عصي اسطح التحكم في Tx (وليس المحرك - أبقِ العصا لأسفل تمامًا!) وشاهد عن كثب أسطح التحكم الخاصة بالطائرة.



يجب أن يتم فحص نطاق طائرة RC على مسافة30 (متر) أو نحو ذلك بعيدا عن الطائرة.

إذا كنت لا تبعد سوى مسافة قصيرة وبدئت الأسطح ب "ارتعاش" أو لا تستجيب بشكل صحيح لحركات العصا ، فلا تطير. تحقق من بطاريات جهاز الراديو ، فقد يحتاجون إلى استبدال - تعمل البطاريات المنخفضة في جهاز الإرسال على تقليل نطاق الراديو بشكل كبير. تحقق أيضًا من التوصيلات السائبة إلى جهاز الاستقبال وما إلى ذلك ، وكذلك حالة الهوائي .

إذا كانت البطاريات والاتصالات جيدة ولكن لا تزال أسطح التحكم لا تستجيب بشكل صحيح ، فقد يستخدم أشخاص آخرون ترددك في مكان قريب. مرة أخرى ، لا تطير إذا كان هذا هو الحال. التداخل هو قاتل كبير لطائرات ال RC ، وعليك التأكد من أن ترددك واضح قبل أن تنتقل جواً.

سيتعين عليك الرجوع إلى دليل تعليمات الراديو لمعرفة الإجراء الصحيح للتحقق من النطاق لراديوك بالضبط ، حيث يستخدم مختلف المصنّعين طرقًا مختلفة لتنشيط وضع فحص النطاق في راديو 2.4 جيجا هرتز.

مهما كانت الطريقة المستخدمة ، يرسل جهاز إرسال 2.4 جيجا هرتز في وضع فحص المدى الإشارات بجهد منخفض ، مما ينتج عنه إشارة أضعف.

بصرف النظر عما إذا كان لديك نظام MHz أو GHz، فلا تطير الطائرة إذا رأيت أن استجابة سطح التحكم تصبح غير موثوقة قبل أن تصل إلى 30 خطوة أو بعيدًا عن الطائرة. تحتاج إلى تحديد وتصحيح الخطأ قبل أن تطير .

دائمًا ما يستغرق بضع دقائق لإجراء فحوصات ما قبل الطيران لطائرات RC قبل بدء رحلة الطيران. ابقى مستمر على فحوصات ما قبل طيران الطائرة الخاصة بك في كل مرة ؛ تستغرق عمليات الفحص دقيقتين فقط وستوفر عليك حزن الطائرة المحطمة ، إذا كان هناك شيء خاطئ.

- الاقلاع

لقد بحثت واشتريت او صنعت طائرتك ، وتعرفت عليها ، ووضعتها معًا ، وأعدتها للطيران ، ووجدت موقعًا مناسبًا ، والآن حان الوقت لتطير بها!

والخبر السار هو أن الإقلاع بواسطة RC الافقية ليس بالامر الصعب . وهو أقل بكثير من الاجهاد العصبي من الهبوط ، على الأقل ..

سواء أكنت تقلع فعليًا من الأرض أم أن الإطلاق اليدوي يعتمد على بعض الأشياء ، وهي:

هل لديك طائرة RC لديها معدات الهبوط (الهيكل السفلي)؟

ما هو نوع السطح الذي تطير منه ، وحجم عجلات الطائرة.

إذا كانت طائرة RC الخاصة بك تحتوي على معدات الهبوط ، فإن نوع السطح الذي تطير منه يعد أمرًا بالغ الأهمية للإقلاع. إذا كنت على الخرسانة أو المدرج أو الحصى الناعم أو العشب القصير جدًا ، فإن الإقلاع سيكون سهلاً. إذا كنت على العشب الطويل أو سطحًا خشنًا جدًا ، فقد تكافح طائرتك للحصول على السرعة التي تحتاجها لتنقلها جواً.

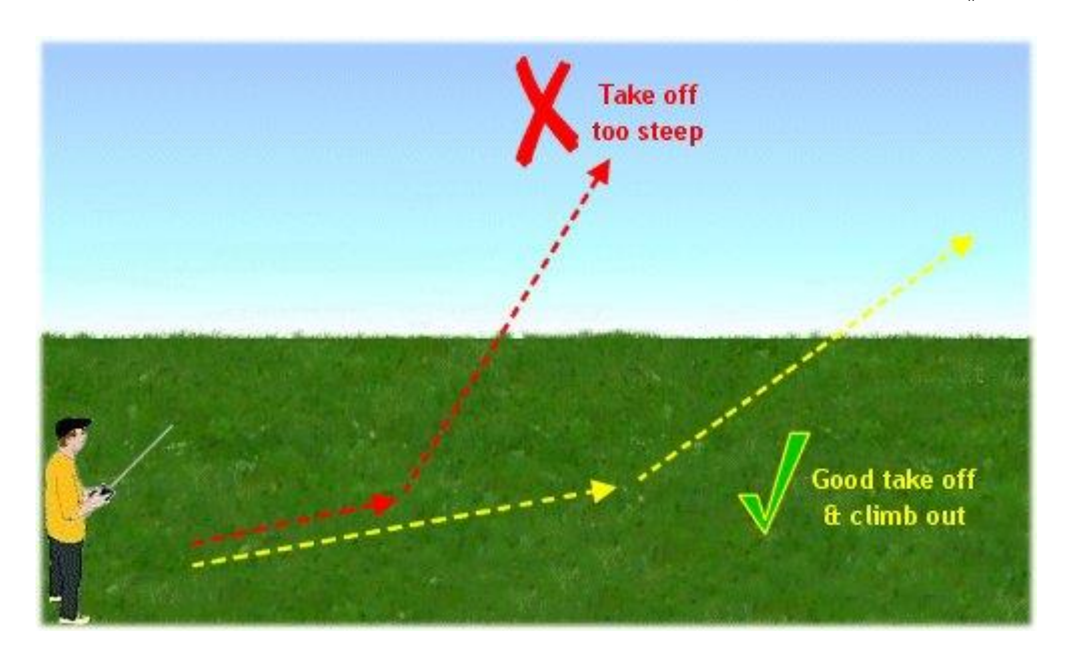
في نفس السياق ، يعد حجم عجلات الطائرة عاملًا حاسمًا آخر. يمكن للعجلات ذات الأقطار الأكبر أن تتكيف بشكل أفضل مع الأسطح الأكثر صعوبة ، في حين أن العجلات ذات الأقطار الأصغر هي فقط جيدة للأسطح الناعمة والأصعب.

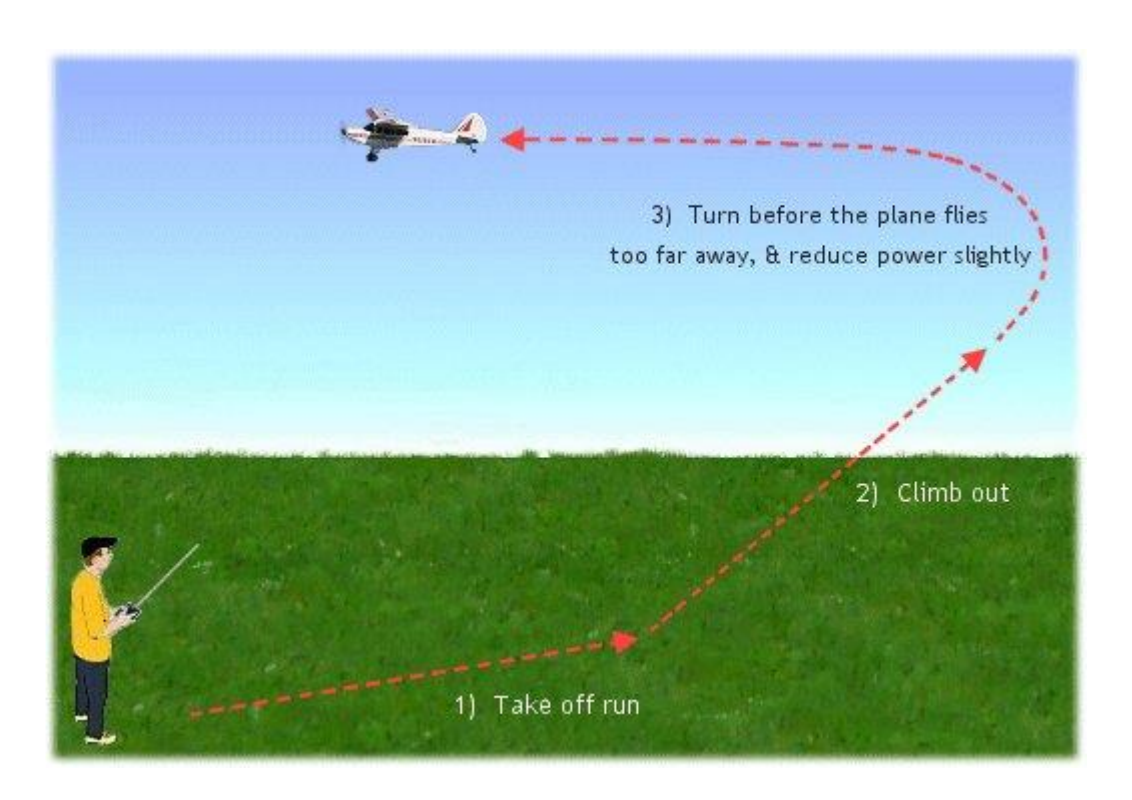
وبشكل عام ، إن إقلاع طائرة RC الخاصة بك هو عملية بسيطة تستمر لبضع ثوانٍ فقط. مع اكتمال جميع عمليات فحص ما قبل الرحلة وفحص النطاق ، وتمديد هوائي المرسل بالكامل إذا كنت تستخدم نظام راديو , قم بتوجيه الطائرة مباشرة إلى الريح إذا كانت موجودة . من المهم أن تقلع في الهواء لأن ذلك يزيد من تدفق الهواء على الأجنحة ويقلل من السرعة التي تحتاجها الطائرة للإقلاع ، وبالتالي ستنطلق في أسرع وقت ممكن.

بالطبع ، المسألة هنا هي ما إذا كان اتجاه الرياح مناسبًا أم لا نظرًا لمنطقتك الجوية ؛ قد لا تكون قادرًا على الإقلاع للرياح ، وفي هذه الحالة يجب عليك محاولة الانتقال إلى وضع يتيح لك الإقلاع بأمان للرياح ، أو الإقلاع بالرياح المعاكسة. مهما فعلت ، لا تحاول الإقلاع في اتجاه الريح (أي مع الريح) لأن هذا يزيد من فرص توقف الطائرة وتحطمها. و لأداء الإقلاع ، قم بزيادة قوة المحرك

بسلاسة إلى أقصى حد (خذ ما بين ثانية إلى ثانيتين لتحريك العصا إلى الأمام بالكامل) واترك الطائرة تتسارع على الأرض. من المحتمل أنك ستحتاج إلى استخدام الدفة لإبقاء الطائرة في خط مستقيم - لا تدعها تنحرف إلى اليسار أو اليمين. أبقيه مستقيما للرياح طوال الوقت. إذا كنت تقلع في الرياح المعاكسة ، فكن مستعدًا لاستخدام الدفة أكثر وكن أيضًا مستعدًا للغاية للطائرة أن تنحرف جانبيًا بمجرد أن تغادر الأرض. تعتبر عمليات الإقلاع المتقاطعة صعبة ، ويجب ألا تتم محاولتها في الأيام الأولى ، إلا إذا كان لا مفر منها على الإطلاق.

بمجرد أن تكون في طاقتها الكاملة وتتسارع الطائرة على الأرض ، استخدم بلطف كمية صغيرة من المصعد العلوي لمساعدة الطائرة على الأرض. لا تنحني مرة أخرى على العصا ، فقط انسحب بسلاسة. إذا تقدمت بسرعة كبيرة جدًا ، ولم تصل الطائرة بعد إلى سرعة الطيران ، فيمكنها أن تنقل جواً في وقت مبكر جدًا وبمعدل تسلق حاد للغاية وزاوية سقوط. ليست جيدة!





يختلف طول رحلة الإقلاع من طائرة إلى أخرى ، ولكن بشكل عام ، تقلع معظم طائرات الصليب الأحمر على مسافة قصيرة ؛ ربما أقل من 10 أمتار (للعديد من طائرات RTF. إذا كنت تريد إقلاعًا يشبه مقياس افضل مع تحرك أرضي أطول ، استخدم المصعد القليل ببطئ ودع الطائرة تقلع بشكل طبيعي.

بمجرد أن تنقل الطائرة جواً ، احتفظ بكامل طاقتها واستمر في الصعود بسلاسة (ليس شديد الانحدار) .

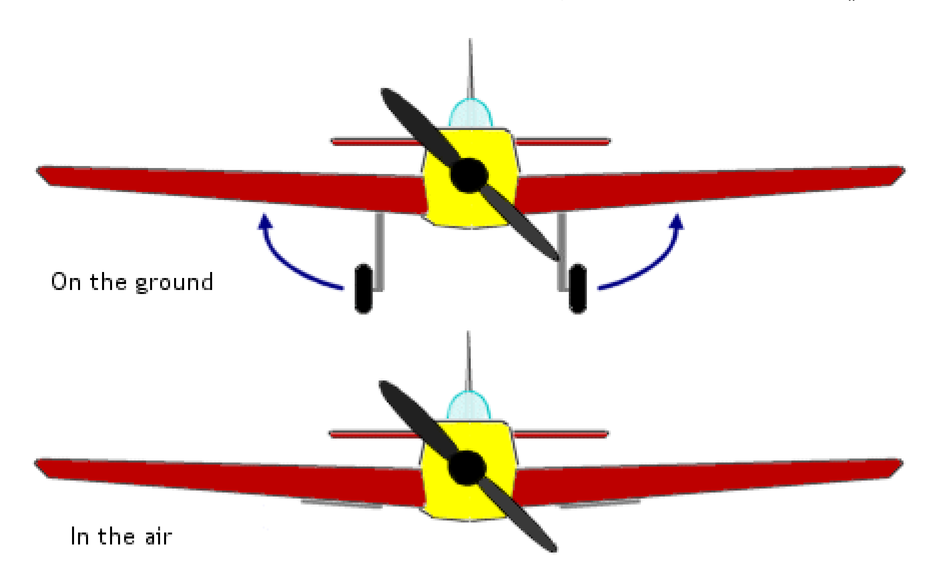
- اقلاع الطائرة من اليد

إن إطلاق طائرة RC الخاصة باستخدام اليد بسيط بما فيه الكفاية ، لكن من الطبيعي أن تشعر بعدم الارتياح في الأوقات القليلة الأولى التي تقوم فيها بذلك.

أما بالنسبة للإقلاع ، فيجب إجراء عملية إطلاق اليد للرياح لزيادة الحد الأقصى للرفع تحت الأجنحة ، وكذلك تدفق الهواء فوق أسطح التحكم.

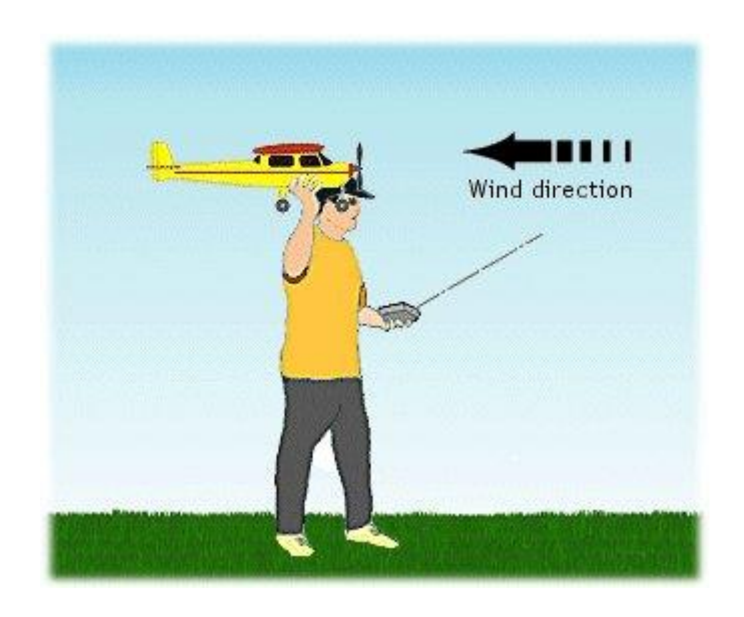
امسك الطائرة على ارتفاع الرأس ، في أي جهة تشعر براحة أكبر بها ، واجعل جهاز الإرسال في يدك الأخرى مع إبهامك

مع أقصى قوة للمحرك ، اتخذ خطوة للأمام وفي نفس الوقت امنح الطائرة دفعة قوية من يدك. من المهم أن تقوم بتشغيله بإحكام بحيث يتجاوز سرعة السقوط عندما يترك يدك. إذا كنت لا تدفعها بما يكفي ، فقد تتعطل وتتحطم قبل 1 متر .



من المهم أيضًا محاولة الحفاظ على مستوى الطائرة وعدم توجيهها للأعلى. وبمجرد أن تغادر الطائرة يدك ، ضع هذه اليد على جهاز الإرسال بأسرع ما يمكن حتى تكون مستعدًا فورًا لبدء الارتفاع (أي تطبيق بعض المصاعد لأعلى) وإجراء أي تصحيحات ضرورية على مسار رحلة الطائرة بأسرع ما يمكن .

ملاحظة: قد تؤدي الطاقة القصوى لإطلاق اليد إلى "لفة عزم الدوران" torque roll حيث تغادر الطائرة يدك ؛ هذا هو عندما تتحرك الطائرة عادة إلى اليسار ، كرد فعل لقوة عزم المحرك. بناءً على الطائرة التي لديك ، قد تجد أن التشغيل المحرك بمعدل 4/3 من قدرته ، على سبيل المثال ، أكثر راحة وأقل إنتاجًا للفة غير المرغوب فيها. انها مجرد حالة من التجربة والخطأ حقا.



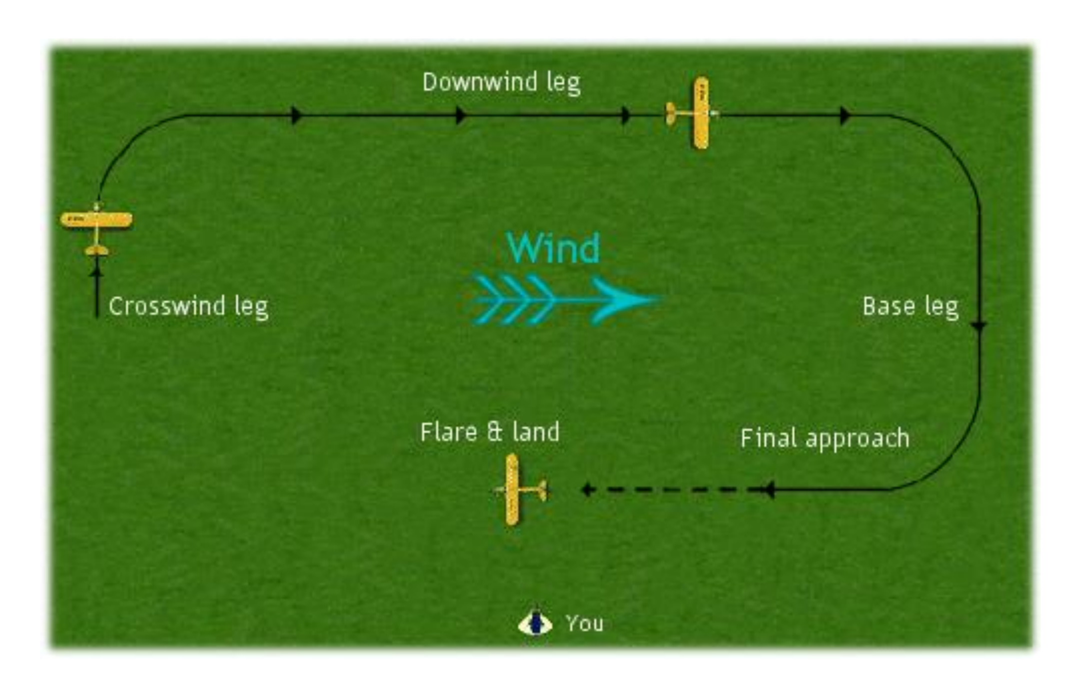
- الهبوط

قلنا سابقا أن الإقلاع هو الجزء السهل نسبيًا من الطيران ، اما الهبوط في الطائرة يعد بلا شك الجزء الأكثر صعوبة على الأعصاب ، خاصة عندما تتعلم فقط الطيران بطائرات التحكم اللاسلكي.

الشيء الجيد الذي يقولونه هو أن "الممارسة تجعلها مثالية" ، لكن ايضا يقولون "الممارسة تجعل الدوام". بمعنى آخر ، مارس شيئًا مثاليًا وستحصل عليه بشكل مثالي ، ولكن مارس شيئًا سيئًا وستحصل عليه سيء! , لذا حاول أن تدخل في العادة المتمثلة في ممارسة الهبوط جيدًا.

لديك خياران عند الهبوط :

الخيار الأول الخيار الأول هو أن تطير دائرة هبوط مناسبة وكاملة complete landing circuit هو الطيران بشكل مناسب ، حيث يمكنك أن تطير crosswind leg ثم downwind leg ثم base leg ثم تحويل الطائرة مرة أخرى إلى الرياح ثم الهبوط. الصورة أدناه توضح هذه الدائرة .

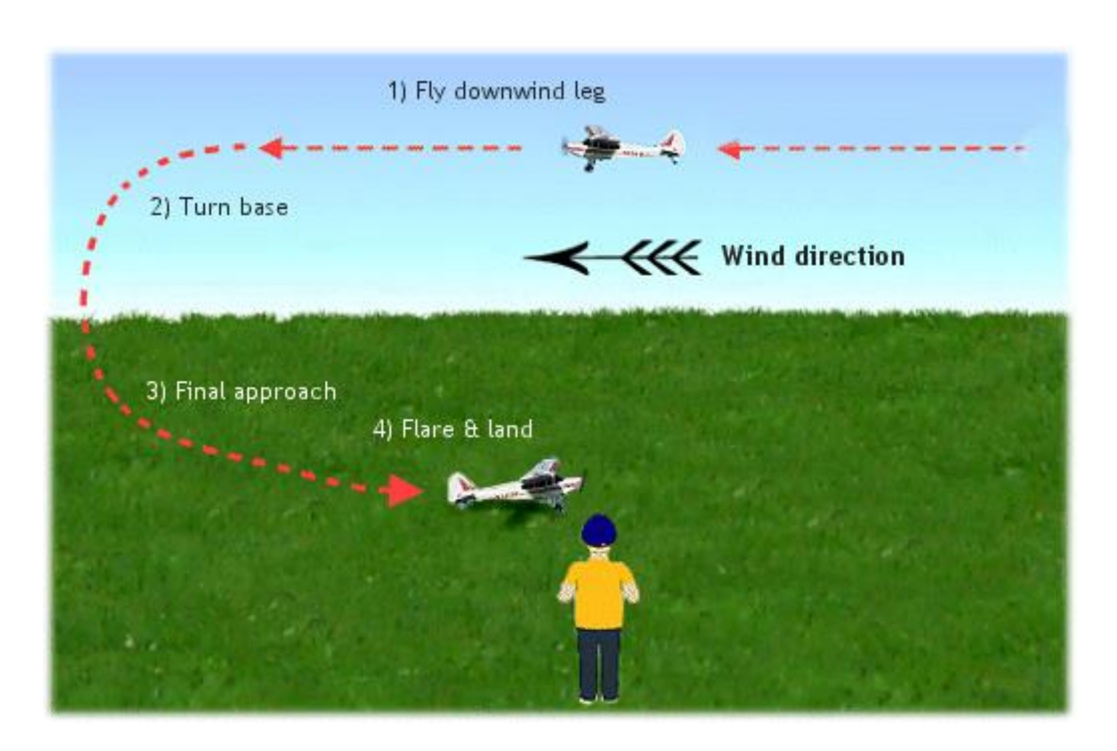


أعلاه: نمط الدائرة الصحيح تقنيًا للطيران عند الهبوط.

الآن ، الحقيقة هي أن معظم الطيارين يختارون الخيار الثاني ، حيث يتم تجاهل crosswind leg ويبدأ نمط الدائرة على downwind legأو حتى على base leg .

downwind leg الأفضل لأنه يمنحك مزيدًا من الوقت للاستقرار والتحضير لهبوط الطائرة .

يمكنك تحريك دوران تدريجي مستمر على طول الطريق من downwind legإلى final approach . يعد هذا الخيار الأخير خيارًا شائعًا ، ولكن من الأفضل تجربة كلتا الطريقتين ومعرفة الطريقة التي تناسبك.



قبل أن تبدأ downwind leg، يجب أن يكون ارتفاع الطائرة ثابتًا ، كقاعدة عامة جدًا ، على ارتفاع 10 أمتار (30 قدمًا) أو نحو ذلك , لا توجد قاعدة صلبة لهذا الارتفاع ، ويعتمد الكثير على نوع الطائرة وحجمها. سوف تتعرف على مدى ارتفاع الحركة في اتجاه الريح مع الممارسة والتجربة. الشيء المهم هو أن لا تكون مرتفعًا جدًا ، حيث ستنتهي في النهاية بسرعة كبيرة جدًا.

لذا ، لبدء عملية الهبوط ، يمكنك الطيران بالطائرة في اتجاه الريح حتى تمر بك حتى 50 مترًا أو نحو ذلك (مرة أخرى ، ستعتمد هذه المسافة على بعض الأشياء) قبل تحويلها بسلاسة إلى 180 درجة حتى تعود باتجاهك و أثناء الدوران ، قلل من قوة المحرك ببطء في نفس الوقت كن مستعدًا لزيادة السرعة مرة أخرى إذا سقطت الطائرة كثيرًا !



قم باستخدام الدفة للحفاظ على الطائرة في خط مستقيم واستخدام قوة المحرك للسيطرة على معدل نزوله. يمكنك أيضًا استخدام المصعد ، لكن التحكم المناسب لمعدل النزول هو في الواقع قوة المحرك ؛ على الرغم من أن المصعد سيجعل بالتأكيد الطائرة تصعد وتنخفض ، فإنها تؤثر أيضًا بشكل مباشر على السرعة الجوية للطائرة وتريد أن تبقي هذا ثابتًا قدر الإمكان وبطيئة قدر الإمكان دون توقف.

مع اقتراب الطائرة من الأرض ، قم بتقليل قوة المحرك بالكامل بلطف استخدم المصعد لإبطاء سرعة الطائرة وتقليل معدل الهبوط ، حتى تنخفض الطائرة وتصل الارض بسلام .

- مهارات في الطيران البهلواني Aerobatics Skills



بمجرد أن تتعلم أن تطير بطائرة RC الخاصة بك بثقة ، فقد حان الوقت لتصعيدها وتعلم بعض الحركات البهلوانية الأساسية لطائرة RC!

تحليق المناورات البهلوانية بطائرة RC الخاصة بك بأمر ممتع وكل جزء من التحكم في الراديو يطير ، لكن عليك أن تبدأ ببطء وألا تجرب أشياء معقدة للغاية لتبدأ. من المهم جدًا أن تبقى دائمًا في حدود قدراتك الجوية ، وأن تتقدم بثبات. إذا حاولت الركض قبل أن تتمكن من المشي ، كما يقول التعبير ، فإن الأشياء السيئة ستحدث حتماً!

ولكن يجب ان تدرك النقاط التالية :

1 - عند أداء التمارين الرياضية من أي نوع ، فأنت بحاجة إلى الطيران بطريقة مسؤولة جدًا خاصة إذا كنت تطير في مكان عام وهناك أشخاص آخرون حولك.

2 - اختر موقع الطيران الخاص بك بعناية - تتطلب عادة الطائرات البهلوانية مجالًا جويًا أكبر من المساحة العادية ، لذلك تأكد من أن المساحة كبيرة بما يكفي دون وجود أشجار أو منشورات أو أبراج.

3 - الارتفاع مهم للغاية مع معظم المناورات. أعط نفسك دائمًا أكبر مساحة ممكنة بين طائرتك والأرض.

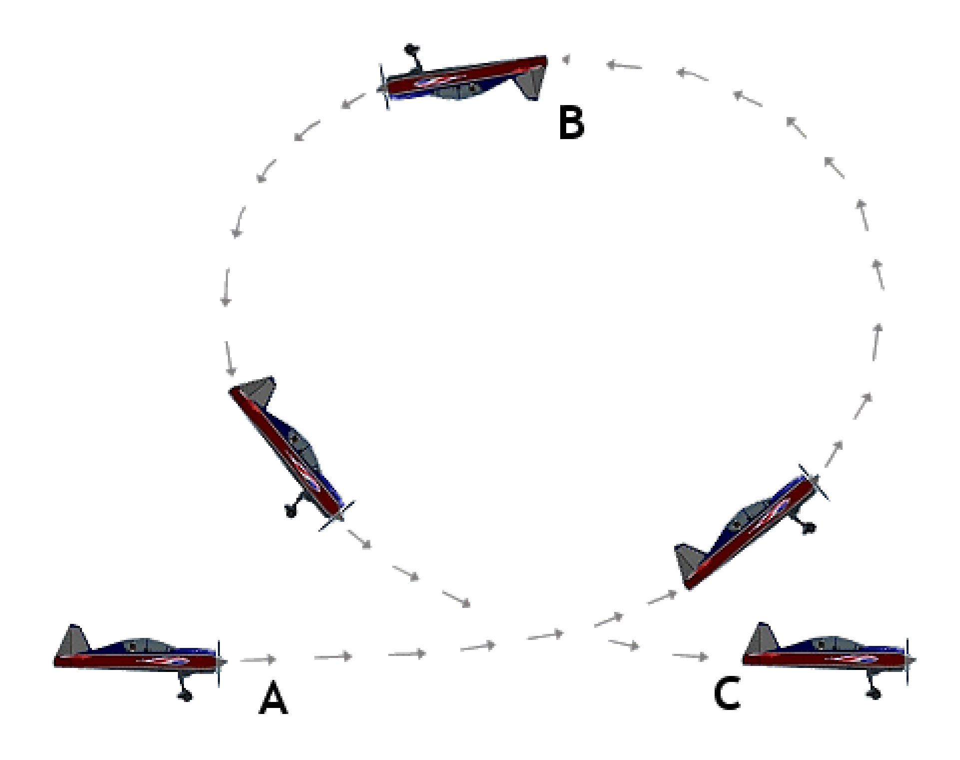
4 - من المهم أن نلاحظ أيضًا أن تطير مسافة آمنة بعيدًا عن نفسك ولكن ليس بعيدًا لدرجة أنك لا تستطيع رؤية ما تقوم به طائرتك ، سواء أكان ذلك في الاتجاه الصحيح أم لا. الارتباك هو واحد من أكبر القتلة لطائرات التحكم عن بعد ، ومن السهل أن تصبح مرتبكًا حول موقع الطائرة في السماء عندما تقوم بأداء الحركات البهلوانية .

5 - سوف يلعب نوع الطائرة دوراً كبيراً في سهولة تحليق معظم المناورات البهلوانية. صُممت طائرات RC البهلوانية لهذا الغرض ، وإذا كانت طائرتك الوحيدة في الوقت الحالي هي طائرة عادية ، فستجد صعوبة في تحليق العديد من المناورات بشكل جيد ، خاصةً إذا كانت طائرتك بها دفة فقط ولا يوجد بها جنيحات.

6 - نقطة مهمة أخيرة يتم تنفيذ معظم التمارين الرياضية البهلوانية لطائرة RC ، أي أنك تطير بالطائرة مباشرة إلى الريح عند بدء المناورة البهلوانية. هذا يعطي أقصى قدر من الرفع وتدفق الهواء على أسطح التحكم.

الحلقة الداخلية inside loop

الحلقة الداخلية هي الأسهل من بين جميع الحركات التي يمكن سحبها وأي طائرة من طراز RC مزودة بمصاعد وقوة كافية قادرة على التكرار.



كيف تطير بها ؟ ابدأ بالطيران مباشرة مع مستوى الريح ، لا تقل عن ، على سبيل المثال ، 50 قدمًا / 15 مترًا

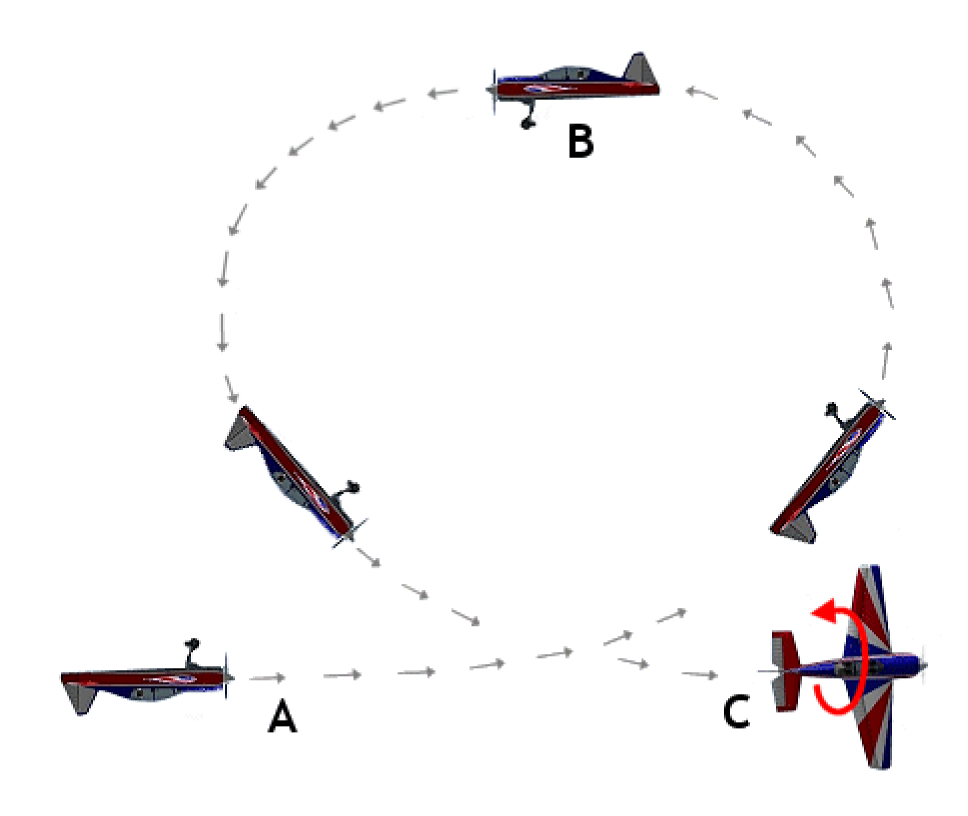
افتح الخانق إلى اعلى مستوى ، وعند النقطة A في الصورة أعلاه ، اسحب على عصا المصعد لبدء التسلق - ليس فجأةً ، كن لطيفًا , سوف تدخل الطائرة في صعود عمودي في النقطة B في الصورة. في هذه المرحلة ، أغلق الخانق واستمر في التمسك بعصا المصعد ، واضبطه حسب الضرورة للحفاظ على مسار دائري أنيق.

قد تحتاج أيضًا إلى استخدام الجنيحات / الدفة للحفاظ على مسار الحلقة رأسية قدر الإمكان.

عند النقطة C في الصورة ، قم بتسوية الطائرة عن طريق إعادة المصعد إلى الوضع الطبيعي وحلق بشكل مستقيم ومتوازن مرة أخرى. لا تنخدع للتفكير في أن طائرتك ستؤدي الحلقة المثالية لأول مرة ، لمجرد أنها مناورة سهلة لانه من الصعب المحافظة على اتزان الطائرة في هذه الاوضاع للمبتدئين .

الحلقة الخارجية outside loop

الحلقة الخارجية هي حلقة داخلية ولكن مع قلب الطائرة أي الجزء العلوي من الطائرة يواجه الخارج طوال الحلقة.



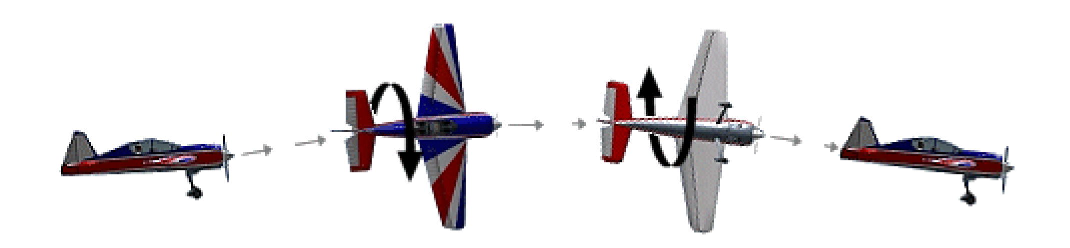
كيفية الطيران: يجب قلب الطائرة (على سبيل المثال ، درجة 180 درجة) في بداية الحلقة (النقطة "A" في الصورة). الخطر هنا هو تذكر استخدام المصعد لأسفل للحصول على الطائرة لتسلقها. تطبيق المصعد عن طريق الخطأ في هذه المرحلة سوف يرسل الطائرة إلى الأرض!

استمر في الضغط على المصعد لأسفل واترك الطائرة تقوم بحلقة كاملة ، باستخدام الجنيحات و / أو الدفة لإبقائها مستقيمة. في الجزء العلوي من الحلقة الخارجية (النقطة "B") ، ستكون طائرتك في الاتجاه الصحيح. قم بتخفيض القوة واستمر في الحلقة لأسفل باتجاه الأرض وعند النقطة "C" مرر 180 درجة لإحضار الطائرة إلى الجانب الأيمن للخروج من المناورة.

ملاحظة: يمكن أيضًا بدء حلقة خارجية من الأعلى (النقطة B في الصورة أعلاه) ، وفي هذه الحالة تسمى bunt.

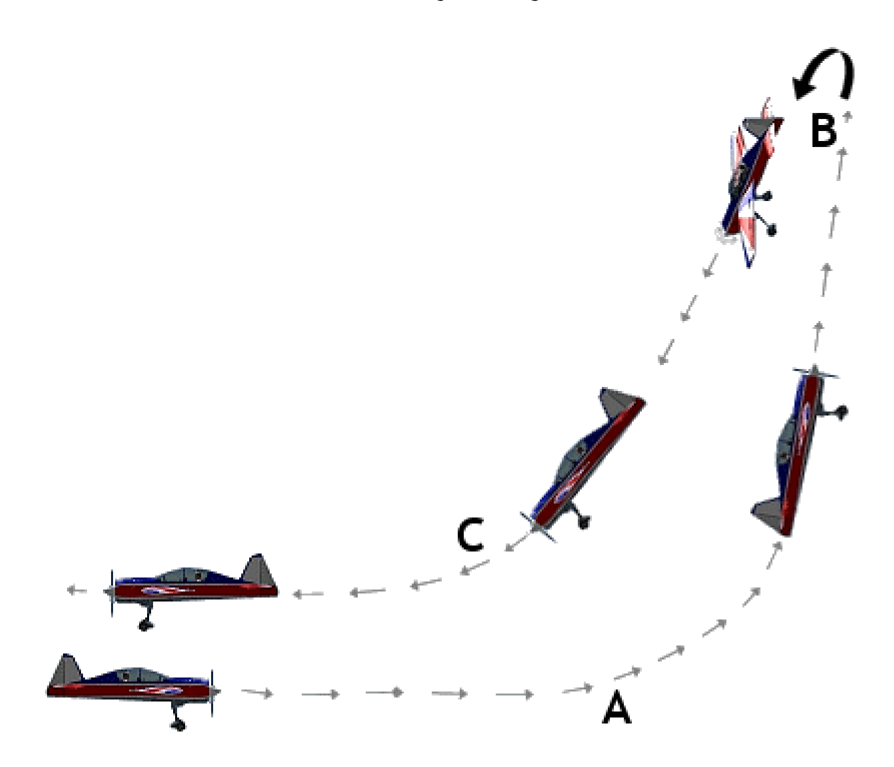
التمايل roll

تتطلب لفة الجنيحات ولكن إذا كانت طائرتك تحتوي على دفة فقط ، فقد تكون قادرًا على سحب "لفة" أكبر وغير مرتبة إلى حد ما. لفة مع الجنيحات هي مناورة سلسة للغاية.

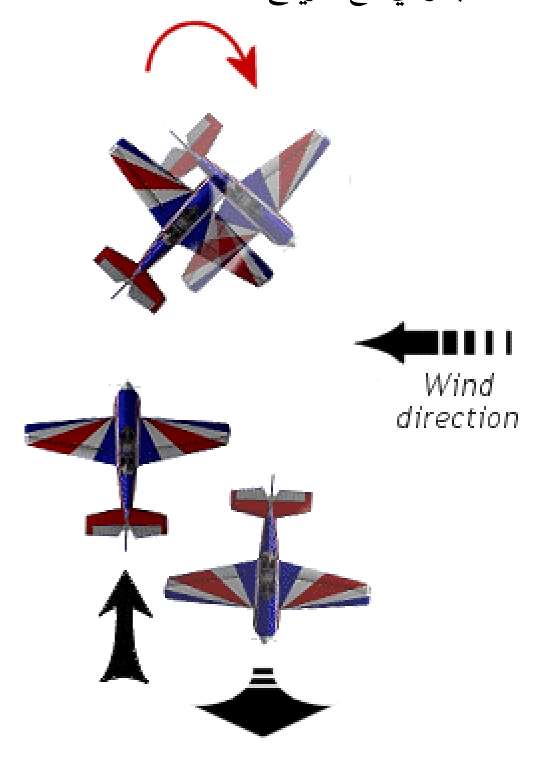


حسنا قد يبدو من الصعب شرح الحركات البهلوانية دون رؤية ذلك , لذلك ننصح القارئين التوجه الى الفيديوهات التعليمية .

stall turn السقوط الحر



- كيف اداء الانعطاف البهلواني مع الرياح :



الملحق

- مفاهيم الديناميكا الهوائية

Terminology	Description
Advance Ratio	The ratio of the freestream fluid (air) velocity to the propeller (rotor) tip speed.
Adverse pressure gradient	This occurs when static pressure increases in the direction of flow.
Aerodynamic center	The point (fraction of chord) at which the pitching moment coefficient of an airfoil is constant with a changing lift coefficient (angle of attack).
Airfoil	The airfoil section refers to the cross-sectional shape of a wing, blade (propeller/rotor) or sail.
Angle of Attack	Angle of attack refers to the angle between a reference line on a body and the vector representing the relative motion between the body and the fluid through which it is moving. It is most often used in an aeronautical context to describe the angle between the chordline of an airfoil and the relative wind or resultant direction of airflow.

Terminology	Description
Area rule	This is a design technique used to reduce the total aircraft drag particularly at transonic and supersonic speeds by a narrowing or 'waisting' of the fuselage in the region of the wings.
Aspect ratio	This is a measure of the spanwise area distribution of a wing. It is calculated as the ratio of wing span to chord. In cases where the wing is tapered, it is convenient to define the aspect ratio as the square of the wing span divided by the total planform wing area.
Balanced field length	This refers to a runway condition where the aircraft accelerate-stop distance is equal to the take-off distance required for a given aircraft weight, configuration, and thrust setting. It is a term used in both the FAR 25 and CS-25 regulations where an aircraft must be shown to demonstrate that the accelerate-stop distance and take-off distance is less than or equal to a given available runway length both with all engines operating and one engine inoperable.
Bank angle	When completing a turn, an aircraft will rotate its wings about the longitudinal axis to an angle relative to the horizontal. The angle between the wing and the horizontal is termed the "bank angle".
Boundary layer	This is a fluid mechanics term that refers to the region of fluid (air) in the immediate vicinity of a body where the viscous effects of the body causes the fluid in this region to attain a velocity less than that of the free-stream.
Camber	Camber refers to the asymmetry between the top and bottom surface of an airfoil. A camber line is drawn by a spline connecting a series of points along

Terminology	Description
	an airfoil chord equidistant between the upper and lower surface. Airfoils are designed with camber to increase the maximum lift coefficient.
Center of gravity	This is a geometric property of weight defined as the average location of the weight of an object. It can also be defined as the balance point of an object.
Center of pressure	This is a point on a body where the total pressure distribution on that body can be collapsed into a single resultant vector acting at the center of pressure.
Chord	On an airfoil, the chord is defined as a straight line joining the leading and trailing edge.
Delta wing	This refers to a wing planform shaped like a triangle. It is named for its similarity to the Greek uppercase letter Delta (Δ).
Downwash	The downward deflection of air caused as a by-product of the aerodynamic process of producing lift by an airfoil, blade or rotor.
Drag	An aerodynamic force opposing the direction of motion as a result of a body's motion through a fluid. An aircraft produces a drag force as it moves through the air, which is counter-acted by the thrust produced by the aircraft engine.
Drag polar	A graphical plot showing the relationship between an aircraft's lift and drag by plotting the dependence of lift (Y-axis) on drag (x-axis). A tangent line drawn from the origin to the polar plot gives the point of maximum aerodynamic efficiency (highest lift-to-drag ratio).

Terminology	Description
Dynamic Pressure	Pressure in a fluid as a result of the motion of that fluid. In incompressible flow, the dynamic pressure is defined as q=12ρV2q=12ρV2 which forms one of the terms in the Bernoulli Equation.
High-lift device	A movable aerodynamic surface present on either the leading edge (slat) or trailing edge (flap) which when deployed increases the effective camber of the airfoil. This in turn increases the maximum lift coefficient and decreases the stall speed. Most commonly used during take-off and landing phases of flight.
Hypersonic	A term used to describe flight speeds in excess of five times the speed of sound (Mach 5).
Leading edge	The foremost edge of an airfoil section.
Lift force	A force vector that acts perpendicular to the direction of flight. An aircraft's wing is the primary generator of the lifting force. This force counteracts the aircraft weight.
Lift coefficient	A dimensionless coefficient that relates the lift generated by a lifting surface to the dynamic pressure and an associated reference area (typically wing area).
Lift slope	Defines the change in lift coefficient with angle of attack. The lift slope is constant over a range of angle of attack away from stall.
Lift-to-drag ratio	The ratio of the lifting force to drag force produced by an aircraft. This is an indicator of aerodynamic efficiency.

Terminology	Description
Limit load	This is the maximum load factor authorized during flight. This is the loading that should only occur once (or very seldom) during the lifespan of an aircraft. Aircraft are designed support limit loads without any detrimental permanent deformation.
Mach number	The ratio of the speed of a body to the speed of sound in the surrounding medium. The speed of sound is denoted Mach 1 and a speed of Mach 2 is defined as twice the speed of sound.
Mean aerodynamic chord	This is a two-dimensional chordwise representation of the entire wing. The pressure distribution over the entire wing can be reduced to a single lift vector and moment around the aerodynamic center of the mean aerodynamic chord (MAC). The calculation of the MAC becomes important where the wing is tapered from root to tip.
NACA	National Advisory Committee for Aeronautics. Formed in 1915 and dissolved in 1958, this was the precursor to NASA.
NASA	National Aeronautics and Space Administration.
Neutral point	This is a position of the center of gravity that when completing a longitudinal static stability analysis would result in an aircraft with neutral stability.
Oswald efficiency factor	This is a measure of span efficiency that represents the change in drag of a three dimensional wing, as compared to the ideal (elliptical) case of equal aspect ratio.

Terminology	Description
Pitch angle	The angle between the horizontal axis and the longitudinal axis of the aircraft. An aircraft will pitch up to climb and pitch down to descend. Pitch angle can also refer to tuning the angle of attack of a propeller blade to control the production of power.
Planform	The geometric shape of a wing as viewed from directly above an aircraft.
Quarter chord	A point 25 % of a chord length away from the leading edge of an airfoil. This is an important point in the analysis of stability of flight as the quarter chord is used as the assumed aerodynamic center.
Reynolds number	An important dimensionless quantity in fluid mechanics which is used to predict the transition from laminar to turbulent flow. It is defined as the ratio of inertial to viscous forces in a fluid. High Reynolds number flows are dominated by inertial forces and exhibit such flow phenomena as eddies, vortices and other flow instabilities. Aircraft generally operate at high Reynolds number states.
Scalar	A scalar quantity is such a quantity that depends only on magnitude and not direction to fully describe it. Some examples: temperature, volume, mass, density, pressure, speed.
Slat (leading edge)	An aerodynamic high-lift device found on the leading edge of a wing, which when deployed, extents forward and downward, increasing the effective camber of the airfoil and thereby increasing the wing's lift coefficient for a

Terminology	Description
	given angle of attack. Slats are generally used during landing to decrease the stall speed which allows the aircraft to land at a lower speed.
Span	The lateral length of a wing from wingtip to wingtip.
Spoiler	An aerodynamic surface that when extended intentionally reduces the lift component of an airfoil or wing. Spoilers (sometimes called Lift Spoilers or Lift Dumpers) are most often used during the landing phase to dump lift from the wing after touch-down. They can also be used during flight to increase the descent rate or assist with roll control.
Stall	A situation reached when an airfoil angle of attack is extended past that which generates the maximum lift coefficient. During stall, the airflow over the upper surface of the airfoil separates resulting in a loss in lift and a subsequent pitch down.
Standard Atmosphere	An atmospheric model relating pressure, temperature, density and viscosity of the Earth's atmosphere to altitude above the surface. This provides a common reference that may be used by engineers when modelling aircraft performance at a variety of altitudes.
Static margin	The distance between the center of gravity and the neutral point of the aircraft, expressed as a percentage of the mean aerodynamic chord.
Subsonic	Any speed below that of the speed of sound (sonic speed).
Supersonic	Any speed greater than the speed of sound (sonic speed).

Terminology	Description
Sweep angle	The angle at which a lifting surface is translated backwards (or occasionally forwards) relative to the root chord of the lifting surface. This has the effect of delaying the formation of shock waves and is used on aircraft that fly at or above transonic speeds.
Taper ratio	The ratio of the wing tip to wing root.
Thrust	Thrust is the propulsive force that pushes or pulls an aircraft through the air. It is a force vector and is produced by the aircraft's engines.
Trailing edge	The rearmost edge of an airfoil section.
Transonic	Any speed in the range between the critical Mach number (approximately Mach 0.8) and a higher speed (typically Mach 1.2) where some fraction of the local air velocity is supersonic, but a significant portion is not.
UAV	Unmanned Aerial Vehicle (a vehicle piloted by remote control or onboard computers).
Ultimate load factor	Limit load multiplied by a prescribed factor of safely (generally 1.5 in aeronautics). An aircraft structure must be able to support an Ultimate loading for a minimum of 3 seconds without structural failure (FAR 25.307).
VTOL	An acronym for Vertical Take-off and Landing which refers to any aircraft that can hover, take-off and land vertically.

Terminology	Description
V-speeds	A set of standard terms used to define important airspeeds useful to the safe operation of an aircraft. See the definitions below.
V1	Critical Decision Speed – take-off should not be aborted above this speed.
V2	Take-off Safety Speed – an aircraft may be safely climbed with one engine inoperative at this speed.
VC	Design Cruise Speed.
VD	Design Dive Speed – the maximum speed planned to be achieved during flight testing.
VMCA	Minimum Control Speed – the minimum speed at which steady flight can be maintained with one engine inoperative and the corresponding opposite engine producing maximum thrust. This airspeed forms a constraint as to the minimum size of the vertical tail and rudder that can be designed.
VNE	Never Exceed Speed.
VR	Rotation Speed – the speed at which a pilot can add a pitch input to raise the aircraft nose off the ground during take-off.
VREF	Landing Reference Speed – the speed at which the aircraft should cross the runway threshold.

Terminology	Description
VS	Stall Speed – the minimum flight speed at which the aircraft is still controllable.
Vector	A vector quantity is a quantity that requires both a magnitude and a direction to fully describe it. Some examples: lift, drag, thrust, velocity, displacement.
Wash-in	A variation in the angle of incidence along the span of a wing such that the tip is at a higher angle of attack than the root.
Wash-out	A variation in the angle of incidence along the span of a wing such that the wing root is at a higher angle of attack than the wing tip. This is done so as to ensure that stall occurs towards the root before the tip which results in a more benign stall response. Wash-out is the most common example of wing twist.
Weight – Operational Empty (OEW)	The basic weight of an aircraft including the crew, all fluids necessary for operation (water, engine oil, coolant), unusable fuel, and any items required for standard operations. OEW excludes usable fuel and payload.
Weight – Usable Fuel	The weight of the fuel on board an aircraft that can be consumed by the engines during flight.
Weight – Aircraft Gross (UAW)	Also known as All-up Weight (UAW), it is the total weight of an aircraft at any moment during flight or ground operation. The aircraft gross weight will decrease during the course of a flight as fuel and oil is consumed.

Terminology	Description
Weight – Payload	Payload is the carrying capacity of an aircraft. Payload could include cargo, passengers, munitions or extra fuel in the case of an airborne tanker.
Weight – Maximum Takeoff (MTOW)	This is the maximum weight at which a pilot is allowed to attempt a take-off. This is the heaviest weight for which an aircraft has been certified to meet all applicable certification requirements.
Wing area	The plan surface area of a wing. This is a crucial metric used in the performance analysis and design of an aircraft wing.
Wing loading	The mass of an aircraft divided by the wing area. Often taken at MTOW as the aircraft mass varies with fuel burn and payload.
Yaw	The movement of an aircraft's nose left or right about an axis running vertically through the aircraft. The aircraft yaw angle is controlled by the application of the rudder on the vertical tail.

▪ ملحق مفاهيم الطائرات الرباعية Quadcopter

هناك بعض المصطلحات الخاصة بكوادكوبتر والتي يجب أن تعرفها عند تحديد أي من أفضل قطع الكوادكوبتر (درون) يمكنك شراؤها. هذه ليست قائمة شاملة لأن هناك العديد من المصطلحات :

Types

ARF	"*Almost Ready to Fly*": a UAV which comes assembled with almost all parts necessary to fly. Components like the controller and receiver may not be included.
BNF	"*Bind and Fly*"; the UAV comes fully assembled and includes a receiver. You only need to choose a compatible transmitter and "bind" it to the receiver.
DIY	"*Do It Yourself*", which is now commonly used to mean "custom". This normally involves using parts from a variety of different suppliers and creating or modifying parts.
Drone	This is synonymous with UAV. The term "drone" seems to be more common for military use whereas "UAV" is more common for hobby use
Hexacopter	A UAV which has six motors / propellers.
Multirotor	"Multirotor" simply means an aircraft with multiple rotors
Octocopter	A UAV which has eight motors / propellers.
Quadcopter	A UAV which has four motors / propellers and four support arms. Configurations are normally "+" (the front of the UAV faces one of the arms) or "X" (the front of the aircraft faces between two arms).
RTF	"*Ready To Fly*": a UAV which comes fully assembled with all necessary parts. Simply charge the battery and fly!
Size (mm)	"Size" is normally provided in millimeters (ex 450mm) and represents the greatest point to point distance between two motors on a UAV. Size can also determine the "class" of UAV (micro, mini etc)
Spyder	A "Spyder" type UAV (normally quad or hex) is one where the supporting arms are not symmetric in bot haxes when looked at from the top.

Tricopter	A UAV which has three motors / propellers, and usually three support arms
UAV	"*Unmanned Aerial Vehicle*" (of any kind)
V-Tail	A UAV which has four arms, of which the rear two are at an angle to form a 'V'
X4 / X8	X4 and X8 are UAV configurations with four support arms; X4 configurations have one motor at the end of each arm, whereas X8 have two motors per arm (one facing up, the other facing down)
Y3 / Y6	Y3 and Y6 are UAV configurations with three support arms; Y3 configurations have one motor at the end of each arm, whereas Y6 have two motors per arm (one facing up, the other facing down)

Mechanics

CG	"*Center of Gravity*"; this is the point on the aircraft where there is equal weight distributed on all sides.
Clamp	A "tube clamp" is a device normally used on a round tube in order to connect it to another device (such as a motor mount or a UAV's body).
Connectors	In order to plug and unplug wires, connectors are used at the ends of wires. Common connectors for batteries are Deans & XT60, while connectors for the flight controller and sensors are 0.1" spaced
Dampeners	These are molded rubber parts used to minimize vibration transmitted throughout a UAV
Frame	The frame is like the "skeleton" of the aircraft and holds all of the parts together. Simple frames have motors connected to aluminum or other lightweight extrusions ("arm") which then connect to a central body.
G10	This is a material commonly used instead of carbon fiber to make a UAV's frame since it is very rigid and lightweight, but significantly less expensive
Landing Gear	Multirotor landing gear normally does not have wheels as you might find on an airplane - this is to prevent it from moving when on the ground and reduce overall weight.
LED	"*Light Emitting Diode*". These are used to make the UAV visible, primarily at night or low lighting conditions.

Prop Guards	"Propeller guards" are material which curround a propeller to prevent the propeller from contacting other objects. They are implemented as a safety feature and a way to minimize damage to the UAV
Retract	"Retractable" normally refers to landing gear which has two positions: one for landing and takeoff, and another, which takes up less room or improves visibility, during flight.
Shell	This is an aesthetic / functional cover used to improve resistance to the elements and sometimes improve aerodynamics. Some production UAVs only have a plastic shell which also acts as the "frame".

Propulsion

BEC	"*Battery Eliminator Circuit*": a voltage regulator built into the ESC which can provide regulated 5V DC power to any electronics which need it.
Blades	Propeller blades are the aerodynamic surface which generates lift. A propeller normally has two to four blades which can be fixed or folding.
CW / CCW	CW indicates *Clockwise* rotation and CCW indicates *Counter-Clockwise* rotation. On a multi-rotor aircraft, you would normally use pairs of counter-rotating propellers.
ESC	"*Electronic Speed Controller*" is the device which connects to the battery, motor and flight controller and controls the speed at which the motor rotates
LiPo	"*Lithium Polymer*" is the most common battery used in drones and UAVs because of its light weight (versus storage capacity) and high current discharge rates. There are other types of Lithium-based batteries available on the market as well (LiFe, LiMn, LiOn etc)
Motor	The motor is what is used to rotate the propellers; in small UAVs, a brushed motor is most often used, whereas for larger UAVs, a "brushless" motor is much more common
PCB	A "*Printed Circuit Board*" is the flat fiberglass part with many components soldered to it. Many electronic products have a PCB.
Power Distribution	In order to power so many different devices used in a UAV, the battery must be split, which is where the Power Distribution (board or cable) comes into play. It takes the single positive and

	negative terminals of the battery and provides many different terminals / connection points to which other devices (operating at the same voltage) can receive power.
Propeller	The propellers are what provides the thrust and are more similar to those used in airplanes rather than on helicopters.
Prop Adapter	A device used to connect the propeller to the motor.
Prop Saver	A type of hub which mounts on top of your motor and replaces the prop adapter. In he event of a crash, a part of the prop saver is lost in an attempt to save the propeller.
Servo	A servo is a type of actuator which, provided the right signal, can move to a specific angular position
Thrust	The "thrust" is the force which a specific motor and propeller can provide (at a certain voltage). Usually measured in kilograms (Kg) or pounds (Lbs)

Control

Base / ground / Control Station	Instead of (or in addition to) a hand held transmitter, a station (normally in a case or mounted to a tripod) is used to house / integrate the necessary components used to control a UAV. This can include the transmitter, antenna(e), video receiver, monitor, battery, computer and other devices.
Binding	The term "binding" refers to configuring a handheld transmitter so it can communicate with a receiver; if a transmitter came with a receiver, it should have been done at the factory.
Channel	The number of channels on a transmitter relates to the number of separate signals it can send
Flight Controller	The "Flight Controller" is what would be considered the "brain" of a UAV and handles all of the data processing, calculations and signals. The core of a flight controller is often a programmable "microcontroller". The flight controller may have multiple sensors onboard, including an accelerometer, gyroscope, barometer, compass, GPS etc. If the flight controller has the ability to control the aircraft on its own (for example to navigate to specific GPS coordinates), it may be considered to be an "autopilot".

Harness	This usually refers to the "Wiring Harness" which are the wires that connect the receiver to the flight controller (and sometimes other devices).
HF/ UHF / VHF	"*High Frequency*"; "*Very High Frequency*" and "*Ultra High Frequency*" radio waves. Units are in Hz (Hertz)
Receiver	This is what processes the information received wirelessly
Sketch / Code	This is the program which is uploaded to your UAV's flight controller (similar to a "thought process")
Transmitter / Radio	The "transmitter" is what generates the control signal(s) wirelessly to the receiver

Sensors / Orientation

Accelerometer	An accelerometer measures linear acceleration in one to three axes. Units are normally in 'g' or gravity. An accelerometer can provide your drone's orientation with respect to ground
Antenna	Antennas are what actually receive or send a signal to and from a UAV (the signal itself having been generated by a transmitter unit). They come in a variety of different types and include directional (strongest in one direction) and omnidirectional
Barometer / Pressure / Altimeter	A Barometer is used to give feedback as to the altitude of the UAV. It measures pressure, and since pressure changes with altitude, your aircraft can "know" its height.
Compass	A magnetic compass can provide your compass heading (north / south / east / west)
Flight Recorder	A flight recorder records sensor values from your UAV. This feature can sometimes be integrated into the flight controller.
GPS	"*Global Positioning System*": satellites orbiting the planet send out signals which are picked up by the GPS antenna and are sent to be processed by the GPS receiver to provide geographic coordinates
Gyroscope	A gyroscope measures angular acceleration in one ot three axes. Units are normally degrees per second squared.
IMU	"*Inertial Measurement Unit*" combines an accerleometer and a gyroscope

Magenetometer	In low cost robotics, a magnetometer is sometimes used to provide compass direction
Pitch	Pitch is the angle of the nose to tail with respect to the ground, or in other words, the rotation of an aircraft about the axis from wing to wing
Pitot Tube	A device which measures air speed
Roll	Roll is the rotation of the aircraft along the axis from its nose to its tail
Yaw	Yaw is the rotation of an aircraft about an axis perpendicular (90 degrees to) to the plane formed between the nose / tail and wing tips

Video

FPV	"*First Person View*": The UAV is mounted with a camera and the operator has a live video feed displayed on either a monitor or virtual reality glasses
Gimbal	A devices which carries a camera and is normally actuated using either a servo motor or a brushless DC motor. A gimbal is what can stabilize a camera in flight.
GoPro	The GoPro series of action cameras is widely used for taking and/or transmitting video
LCD	"*Liquid Crystal Display*" is a type of screen / monitor used to display the image received by the receiver
OSD	"*On Screen Display*" provides text on the monitor / screen which is being sent from the aircraft (can include altitude, GPS location etc.)
VR	"*Virtual Reality*" glasses or goggles provide the operator with a more "immersive" experience

- مصادر وآلات حاسبة

- مصدر مساعد لبناء طائرات الدرون :
https://www.droneomega.com/resources/
- مصدر مساعد لبناء مكونات الهيليكوبتر :
http://www.angelfire.com/blues/heli_project/
- برنامج MotoCalc لاجراء حسابات محرك الطائرة والبطارية وغيرها :
http://www.motocalc.com/motodown.htm
- آلة حاسبةلاجراء جميع الحسابات على الطائرات الرباعية :
www.ecalc.ch/xcoptercalc.php

آلة حاسبة لايجاد ابعاد الطائرة الافقية النموذجية :

http://www.radiocontrolinfo.com/rc-calculators/rc-airplane-design-calculator/

- استخدام برنامج الماتلاب لحساب مسافة اقلاع الطائرة الافقية

```
clear
clc
%chord length of the wing
cw=0.8; %(ft)
%wingspan
b=5; %(ft)
%wing planform area
s=b*cw; %(ft^2)
%Aspect ratio
AR=(b^2)/(s);
%Lift slope of the finite wing (1/degrees)
a_0=0.0784;
%Max coefficent of lift
cl_max=1.2;
%span efficiency factor
e=0.69;
%height of the wings above the ground
h=0.5; %(ft)
%free stream density
rho=0.0023; %(slugs/ft^3)
%Obstacle height for clearance (ft)
ob=6;
%gravitaional constant
g=32.2; %(ft/s^2)
%nominal weight of the aircraft
W=14.1675/16; %(lbs)
%Wing parasite drag coefficent
cd_0=0.012;
%angle where cl is 0
alpha_0=-2; %(degrees)
%ground roll angle
alpha_g=1.5; %(degrees)
%coefficent of lift (actual)
cl=a_0*(alpha_g-alpha_0);
%coeffiecnt of rolling friction
mu_r=0.02;
%ground roll parameter
phi=(16*h/b)^2/(1+(16*h/b)^2);
%coefficent for fusalage drag equation
d0=-0.0001;
d1=0.00016;

%coefficent of drag of the wing
Cd_w= cd_0+ phi*((cl^2)/(3.14*e*AR));
%Total drag equation as a function of velocity
D=@(v) (0.5*rho*(v^2)*s*Cd_w)+ d0*(v)+d1*(v^2);
%coefficents for thrust equation
```

```
c0=0.485;
c1=-0.0053;
c2=-0.00003;
%Thrust available as a function of velocity
T=@(v) c0+c1*(v)+c2*(v^2); %(lbf)
%Lift as a function of velocity
L=@(v) 0.5*rho*(v^2)*s*cl; %(lbf)
%Pt.1 of program. Estimating distance, velocity, and time to achieve
flight
%Initial position, velocity, and time
x0=0;
v0=0;
t0=0;
Da=0;
Ta_0=0.46; %static thrust = max thrust
i=1;
x(1)=x0;
v(1)=v0;
t(1)=t0;
Da(1)=Da;
Ta(1)=Ta_0;
max_iterations=5000;
dt=0.005; %differential time change
%while loop for the rk4
while (L(v(i))<W && i<max_iterations)
k1=(g/W)*(T(v(i))-D(v(i))-mu_r*(W-L(v(i))));
k2=(g/W)*(T(v(i)+0.5*k1*dt)-D(v(i)+0.5*k1*dt)-mu_r*(W-
L(v(i)+0.5*k1*dt)));
k3=(g/W)*(T(v(i)+0.5*k2*dt)-D(v(i)+0.5*k2*dt)-mu_r*(W-
L(v(i)+0.5*k2*dt)));
k4=(g/W)*(T(v(i)+k3*dt)-D(v(i)+k3*dt)-mu_r*(W-L(v(i)+k3*dt)));
t(i+1)= t(i)+dt;
v(i+1)= v(i)+(1/6)*(k1+2*k2+2*k3+k4)*(dt);
x(i+1)= x(i)+(v(i)*dt)+(0.5*k1*(dt^2));
Da(i+1)=D(v(i));
Ta(i+1)=T(v(i));
i=(i+1);
end
%Deliverables for pt.1
figure(1);
plot(t,x)
title('Position vs Time')
xlabel('Time (s)')
ylabel('Position (ft)')
figure(2);
plot(t,v)
title('Velocity vs Time')
xlabel('Time (s)')
ylabel('Velocity (ft/s)')
figure(3);
plot(x,Da,x,Ta)
title('Drag and Thrust vs Position')
xlabel('Position (ft)')
ylabel('Force (lbf)')
```

```
legend('Drag','Thrust')
%Pt 2 of program. using aircraft performance to estimate thrust,
power,and
%maximum rate of climb angle
%cl after ground roll
cl_var =@(v) (2*W)/(rho*v^2*s);
%cd after ground roll
cd_var= @(v) cd_0 + ((cl_var(v))^2)/(3.14*e*AR);
%Thrust Required for unaccelerated flight
TR =@(v) 0.5*rho*(v^2)*s*(cd_var(v));
%Power required for unaccelerated flight
PR =@(v) TR(v)*v;
%Power available for unaccelerated flight
P =@(v) T(v)*v;
%Stall velocity
v_stall=12.6653;
%Rate of climb (ft/s)
RoC = @(v) (P(v)-PR(v))/W;
%conditions for loop
i=1;
v(1)=v_stall;
Thrust_avail(1)=0.41306; %plug in stall velocity into thrust available
eq above
Thrust_req(1)=0.012956; %Plug in stall velocity to the drag equation
Power_avail(1)=5.23155; %Thrust_avail*v_stall
Power_req(1)=0.16409; %Thrust_req*v_stall
Rate_of_climb(1)=5.7229; %Plug values into RoC eq above
dv=0.001;
while(TR(v(i))<T(v(i)))
Thrust_avail(i+1)=T(v(i));
Thrust_req(i+1)=TR(v(i));
Thrust_diff1= T(v(i))-TR(v(i));
Thrust_diff2=Thrust_avail(i)-Thrust_req(i);
Power_avail(i+1)=P(v(i));
Power_req(i+1)=PR(v(i));
Rate_of_climb(i+1)=RoC(v(i));
v(i+1)=v(i)+dv;
i=i+1;
if(Thrust_diff2<Thrust_diff1)
velocity_theta_max=v(i-1); %horizontal velocity at max climb angle
RoC_theta_max=RoC(v(i-1)); %Rate of climb at max climb angle
end
end
theta_max=atan(RoC_theta_max/velocity_theta_max); %max climb angle
(radians)
x_air=(ob)/tan(theta_max); %Horizontal distance covered by the aircraft
while in climb
x_total=x+x_air; %Total Horizontal distance to clear 6ft obstacle
%Deliverables for pt.2 (graphs)
figure(4);
plot(v,Thrust_avail,v,Thrust_req)
title('Thrust available and required vs Velocity')
xlabel('Velocity (ft/s)')
ylabel('Thrust (lbf)')
```

```
legend('available','required')
figure(5);
plot(v,Power_avail,v,Power_req)
title('Power available and required vs Velocity')
xlabel('Velocity (ft/s)')
ylabel('Power (lb*ft/s')
legend('available','required')
figure(6);
plot(v,Rate_of_climb)
title('Hodograph Diagram')
xlabel('Horizontal velocity (ft/s)')
ylabel('Rate of climb (ft/s)')
```

تم بحمد الله الانتهاء من الكتاب

انتظرونا في الاصدار القادم

فوزي عبدالله الأزرق

سلسلة الذكاء الاصطناعي

الإصدار الأول

